

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Joni Vuori

**Päiväkotien ilmanvaihdon toimivuuden ja sisäilman
laadun tutkimus**

Insinööritö 31.12.2010

Ohjaaja: lehtori Jorma Säteri
Ohjaava opettaja: lehtori Jorma Säteri

Tekijä Otsikko	Joni Vuori Päiväkotien ilmanvaihdon toimivuuden ja sisäilman laadun tutkimus
Sivumäärä Aika	62 sivua 31.12.2010
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	lehtori Jorma Säteri lehtori Jorma Säteri
<p>Insinöörityö on osa LVI-talotekniikkateollisuuden ja ammattikorkeakoulujen yhteistyönä tekemää päiväkotien sisäilmatutkimusta. Tutkimuksia suoritetaan Espoossa, Mikkelissä, Oulussa, Pirkanmaalla ja Satakunnassa. Tämän insinöörityön tarkoituksena oli tutkia viidestä Espoossa sijaitsevasta päiväkodista sisäilmaolosuhteita ja verrata tuloksia nykyisiin määräyksiin ja ohjeisiin. Tarkoituksena oli myös tuottaa ajankoh­taista tietoa päiväkotien sisäilman laadusta sisäilmatutkimukseen.</p> <p>Työ toteutettiin mittaamalla päiväkotien lepo- ja leikkihuoneiden sisäilman laatua ja ilmanvaihdon ilmavirtoja. Lepohuoneissa suoritettiin seurantamittaukset lepo­hetken aikaan ja leikkihuoneissa seurantamittaukset suoritettiin viikon pituisena jaks­ona. Seurantamittauksissa mitattiin huoneilman lämpötiloja, hiilidioksidipitoisuutta ja ilman kosteutta. Lepo- ja leikkihuoneista mitattiin kertamittauksena tulo- ja poistoilmavirrat sekä operatiiviset lämpötilat. Lisäksi lepo­huoneista mitattiin kertamittauksena lattioiden pintalämpötilat.</p> <p>Viranomaisohjeiden mukaisen hiilidioksidipitoisuuden enimmäisraja ylittyi 15 mitatusta lepo- ja leikkihuoneesta seitsemässä. Näistä kahdessa lepo­huoneessa ylittyi terveydensuojalain määrittämä enimmäisraja. Suurimmat hiilidioksidipitoisuuksien enimmäisrajojen ylitykset johtuivat pääsääntöisesti liian suuresta henkilökuormasta ilmavirtoihin nähden. Muut ylitykset johtuivat suunnitteluarvoja pienemmistä ilmavirroista. Huoneilman lämpötilat olivat hieman tavoitearvoja korkeammat, mutta pysyivät pääsääntöisesti sallittujen rajojen sisällä.</p> <p>Päiväkotien ilmanvaihto olisi ensisijaisesti suunniteltava ja toteutettava henkilökuor­mituksen perusteella sekä toteutettava ilmanvaihdon tarpeenmukaisella ohjauksella. Lisäksi ilmanvaihdon säätötyöt olisi suoritettava ainakin niihin mahdollisesti vaikutta­vien huolto- ja asennustöiden jälkeen. Säätötyöt olisi myös suoritettava huolellisesti, jotta suunnitelmien mukaiset ilmavirrat toteutuisivat.</p>	
Hakusanat	sisäilman laatu, sisäilmatutkimus, päiväkotien ilmanvaihto, olosuhteiden pysyvyys

Author Title	Joni Vuori Functionality of ventilation and indoor air quality in kindergartens
Number of Pages Date	62 pages 31 December 2010
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Jorma Säteri, Senior Lecturer Jorma Säteri, Senior Lecturer
<p>The Bachelor's thesis is a part of an indoor air research in kindergartens, conducted in cooperation by the HVAC building engineering industry and several universities of applied sciences. This final year project studied the indoor air conditions in five kindergartens in Espoo. The results were then compared with the current rules and regulations. The aim of the project was to produce information for the above mentioned indoor air research.</p> <p>The project was done by measuring the indoor air quality, i.e. room air temperature, concentration of carbon dioxide in the air, and air humidity, in rooms for both resting and playing, as well as the airflow of the ventilation in the kindergartens. The measurements in rooms for resting were taken during the napping time, and the measurements in playrooms were executed during a week-long period. In addition to this, the surface temperature of floors was measured in the rooms for resting.</p> <p>In seven of fifteen rooms for resting and playing the maximum limit for carbon dioxide was exceeded because either too many people were in the space compared to the air flow or the air flow was smaller than the design values. In two rooms, even the maximum legal limit was exceeded. The temperature in the rooms was a little above the ideal values, but mostly within the limits.</p> <p>The ventilation in kindergartens should primarily be designed based on the number of people, and executed with demand controlled ventilation. In addition, the adjustments should be executed so that the planned air flow would be realised.</p>	
Keywords	quality of indoor air, indoor air research, ventilation in kindergartens, stability of conditions

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	5
2 Sisäilmasto, määräykset ja ohjeet	6
2.1 Yleistä	6
2.2 Ilmanvaihto	8
2.3 Lämpötilat	8
2.4 Hiilidioksidipitoisuus	10
2.5 Huoneilman kosteus	10
2.6 Olosuhteiden pysyvyys	11
3 Kohteet	11
3.1 Yleistä	11
3.2 Perustiedot	12
3.3 Lisätietoja kohteista	13
4 Mittaukset	14
4.1 Mittalaitteet	14
4.2 Mittausten suoritus ja mittausmenetelmät	18
4.3 Mittausten aikaisia havaintoja	22
5 Mittaustulokset	24
5.1 Mittaustulosten virhearviointi	24
5.2 Ilmavirrat	25
5.3 Lämpötilat	26
5.4 Hiilidioksidipitoisuudet	29
5.5 Huoneilman kosteudet	29
6 Tulosten tarkastelu	30
6.1 Tulosten tarkastelussa huomioitavia seikkoja	30
6.2 Ilmavirrat	31
6.3 Lämpötilat	35
6.4 Hiilidioksidipitoisuudet	39
6.5 Olosuhteiden pysyvyys	41
6.6 Huoneilman kosteudet	43
6.7 Tulostentarkastelun yhteenveto ja johtopäätökset	44
7 Yhteenveto	47
Lähteet	48
Liitteet	
Liite 1: Lattioiden pintalämpötilojen mittauspöytäkirjat	49
Liite 2: Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat	51
Liite 3: Operatiivisen lämpötilan mittauspöytäkirjat	59
Liite 4: Seurantamittausten tulokset	61
Liite 5: Tulosten tarkastelun ilmavirrat	62

1 Johdanto

Päiväkotien sisäilman laatua on Suomessa tutkittu laajasti viimeksi vuosina 2000–2002. Sitten määräyksiä ja ohjeita on uusittu muun muassa vuonna 2008 julkaistussa ”Sisäilmastoluokitus 2008”:ssa sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2010”, joka korvaa vastaavan vuonna 2003 voimaan tulleen julkaisun. Aiempien tutkimusten pohjalta laadittu opas ”Päiväkotien ilmanvaihto” on tiedoiltaan osittain vanhentunut ja kaipaa päivitystä.

Päiväkotien sisäilmatutkimuksessa ovat mukana Metropolia sekä Mikkelin, Oulun, Satakunnan ja Tampereen ammattikorkeakoulut. Tutkimukseen liittyviä mittauksia on tarkoitus suorittaa kaikkina vuodenaikoina. Tässä työssä perehdyttiin Espoon alueen päiväkotien sisäilmaolosuhteisiin sekä ilmanvaihtoon kevätkauden mittauksin. Espoon kaupungin toimesta oli valittu 10 päiväkotia, joista viidessä suoritettiin mittaukset tutkimusta varten. Työn tilaajana tässä tapauksessa toimi LVI-talotekniikkateollisuus ja toteuttajana Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää päiväkotien sisäolosuhteita ja ilmanvaihtoa. Saatuja tuloksia verrattiin nykyisiin määräyksiin, ohjeisiin ja suunnitteluarvoihin sekä aiempiin päiväkodeista tehtyihin selvityksiin. Vuonna 2002 julkaistun ”Päiväkotien ilmanvaihto” -oppaan sisältöä on tarkoitus päivittää uusimman tiedon mukaiseksi. Toisena tavoitteena oli hankkia opasta varten päiväkotien sisäilmastosta ajankohtaista tietoa sisäilmaolosuhteiden nykytilan sekä mahdollisten puutteiden ja ongelmien selvittämiseksi. Tutkimuksesta saatava tieto auttaa omalta osaltaan päiväkotien sisäilmatutkimushankkeen tavoitetta varmistaa terveelliset ja turvalliset sisäilmaolosuhteet päiväkodeissa.

Työ toteutettiin seuraamalla keväällä 2010 päiväkotien lepo- ja leikkihuoneiden sisäilman laatua ja ilmanvaihdon ilmavirtoja. Sisäilman laadun seurantamittaukset koskivat huoneilmalämpötiloja, hiilidioksidipitoisuutta ja ilman kosteutta. Kertamittauksin mitattiin lattioiden pintalämpötiloja ja operatiivisia lämpötiloja sekä ilmavirtoja. Leikkihuoneiden mittaukset suoritettiin yhden viikon pituisena seurantajaksona ja lepo-

neissa suoritettiin mittaukset lasten lepohetken aikaan. Mittaukset tehtiin päiväaikaan päiväkotien ollessa normaalissa käytössä.

Mittaukset suoritettiin yhteistyönä Metropolia ammattikorkeakoulussa LVI-tekniikkaa opiskelevan Sanna Leppäsen kanssa. Sannan tarkoituksena on tehdä insinöörityö samassa yhteydessä suoritettuihin henkilökunnan haastatteluihin ja kyselyihin liittyen.

2 Sisäilmasto, määräykset ja ohjeet

2.1 Yleistä

Rakennus- ja talotekniikan suunnitteluun ja tavoitearvoihin on annettu ohjeita ja määräyksiä Suomen rakentamismääräyskokoelman (SRMK) osassa D2, ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2010”, joka korvaa vuonna 2003 julkaistun kokoelman. Kokoelmassa on määriteltä vähimmäistasot sisäilmastolle ja ilmanvaihdon. Olemassa olevia rakennuksia koskevat rakentamisajankohdan määräykset.

Rakennus- ja talotekniikan alan toimijoille on laadittu avuksi myös Sisäilmastoluokitus 2008 -julkaisu. Sisäilmastoluokitus 2008 korvaa aiemman Sisäilmastoluokitus 2000 -julkaisun. Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu ensisijaisesti uudisrakennuskohteina olevien tavanomaisten työ- ja asuintilojen sisäilmaston tavoitetasojen asettamiseksi sekä apuvälineeksi sisäilmaston tavoitetasoja määrittäessä. Soveltaen sitä voidaan käyttää myös aseteltaessa perusrakennushankkeen tavoitetasoja. Rakennusten terveellisuuden arviointiin sisäilmastoluokitusta ei ole tarkoitettu. Luokitus muuttuu rakennushankkeiden sopimusosapuolia sitovaksi, kun luokituksiin viitataan hankkeen sopimusasiakirjoissa yksilöidysti ja mahdollisimman täsmällisesti. Pelkkä sisäilmastoluokan mainitseminen sopimusasiakirjoissa ei riitä. Viranomaismääräyksiä ja niistä julkaistuja tulkintoja Sisäilmastoluokitus 2008 ei kumo. [1, s. 3.] Sisäilmastoluokitus määrittelee sisäilmastoluokat S1, S2 ja S3 seuraavasti:

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilmanlaatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllälämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tuke-
massa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllälämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoitusten mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. [1, s. 4.]

Näiden lisäksi sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut vuonna 2003 voimaan tulleen Asumisterveysohjeen. Asumisterveysohjetta sovelletaan terveydensuojeluviranomaisen suorittamaan asunnontarkastukseen mitattaessa ja arvioitaessa asuin- tai muiden oleskelutilojen mahdollisesti aiheuttamaa terveyshaittaa asukkaille. Päätös asuntotarkastuksen tekemisestä voi perustua vain aiheelliseen epäilyyn mahdollisesta terveyshaitasta. Asukkaan tahdon vastaisesti tarkastus voidaan suorittaa vain, jos perustellusta syystä voidaan epäillä asunnosta aiheutuvan vakavaa terveydellistä haittaa asukkaalle tai naapureille. Asumisterveysohje ei ole ristiriidassa Suomen rakentamismääräyskokoelman kanssa. [3, s. 10–13.]

Tutkimuksessa esiintyvät raja-arvot on määritetty koskemaan tutkimusten aikaisten sääolosuhteiden ja päiväkotien suunnittelun sekä toteutuksen ohjeistusten mukaisia

vaatimuksia, eivätkä ne näin ollen kata kaikkia suunnittelun ja toteutuksen ohjeita eikä määräyksiä.

2.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdolla on tarkoitus poistaa ensisijaisesti ihmisistä aiheutuvia epäpuhtauksia, joten rakennus- ja sisustusmateriaaleiksi olisi valittava mahdollisimman vähäpäästöisiä materiaaleja niiden epäpuhtauksien haittavaikutusten minimoimiseksi [1, s. 13].

Ilmanvaihtojärjestelmä on toteutettava siten, että se luo normaalikäytössä ja normaaliolosuhteissa omalta osaltaan edellytykset hyvälle sisäilmastolle [2, s. 9].

Taulukossa 1 on esitetty Sisäilmastoluokituksen 2008 mukaisia mitoitusilmavirtoja päiväkotitiloihin. S3-luokka edustaa myös SRMK:n osan D2 vähimmäistasoa.

Taulukko 1. Päiväkodin normaalin käyttötilanteen ilmavirtojen mitoitusarvoja tiloissa, jotka täyttävät erittäin vähäpäästöisen rakennuksen kriteerit. Muuntojousto on vaarautuminen tai huonelämpötilan hallinta saattavat edellyttää suurempia ilmavirtoja. [1, s. 14.]

Tila	Lattia-ala	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka	
	m ² /hlö	(l/s)/hlö	(l/s)/m ²	(l/s)/hlö	(l/s)/m ²	(l/s)/hlö	(l/s)/m ²
Päiväkoti	3	12	4	9	2,5	6	2,5
Päiväkodin märkäeteinen(poisto)			5		5		5

Asumisterveysohjeen [3, s. 26] mukaan ulkoilmavirran tulisi yleensä olla yli 4 (l/s)/hlö. SRMK:n osan D2 mukaan suurin hyväksytty poikkeama mitoitusilmavirroissa on huonekohtaisesti $\pm 20 \%$ ja järjestelmäkohtaisesti $\pm 10 \%$ [2, s. 26].

2.3 Lämpötilat

Lämpötilat on ohjeistuksissa määritelty taulukon 2 mukaisesti. Taulukon arvot ovat voimassa, kun ulkoilman lämpötila t_u on $+10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ tai sen alle. Sisäilmastoluokituksen mukaan on käytettävä operatiivista lämpötilaa, mikäli pintalämpötilat poikkeavat merkittävästi ilmanlämpötilasta. Useimmiten voidaan kuitenkin tarkastella huoneilman lämpötilaa. Operatiivinen lämpötila ja huoneilman lämpötila mitataan oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 m:n korkeudelta ja työpisteestä 0,6 m:n korkeudelta. [1, s. 5.]

Taulukko 2. Ohjeistusten mukaisia lämpötilojen tavoitearvoja lämmitys-kaudella [1, s. 5; 2, s. 6; 3, s. 17].

	D2 2010	Sisäilmastoluokitus 2008 (kun $t_u \leq 10$ °C)			Asumisterveysohje 2003
		S1	S2	S3	
Operatiivinen lämpötila (°C)	20...22	21...22	20,5...22,5	20...22	20
Huoneilman lämpötila (°C)	20...22	21...22	20,5...22,5	20...22	20...22
Lattian pintalämpötila (°C)		≥ 19	≥ 19	≥ 17	≥ 19

Taulukossa 3 on esitetty ohjeistusten määrittelemät lämpötilojen vähimmäis- ja enimmäisarvot. Sisäilmastoluokituksessa todetaan, että suunnitellulla käytöllä ja mitoitussäällä tarkasteltuna yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa ylittää operatiivisen lämpötilan vähimmäis- tai enimmäisarvoja [1, s. 5]. Oleskeluvyöhykkeellä lattioiden pintalämpötilat eivät saa missään alittaa tai ylittää taulukossa 3 mainittuja raja-arvoja [1, s. 13].

Taulukko 3. Ohjeistusten mukaiset lämpötilojen vähimmäis- ja enimmäisarvot lämmityskaudella [1, s. 5; 2, s. 6; 3, s. 17].

	D2 2010	Sisäilmastoluokitus 2008 (kun $t_u \leq 10$ °C)			Asumisterveysohje 2003
		S1	S2	S3	
Operatiivinen lämpötila vähintään (°C)		20	20	18	20
Operatiivinen lämpötila enintään (°C)	25	23	23	25	
Ilman lämpötila vähintään (°C)		20	20	18	20
Ilman lämpötila enintään (°C)	25	23	23	25	23–24
Lattian pintalämpötila vähintään (°C)		19	19	17	19
Lattian pintalämpötila enintään (°C)		29	29	31	

2.4 Hiilidioksidipitoisuus

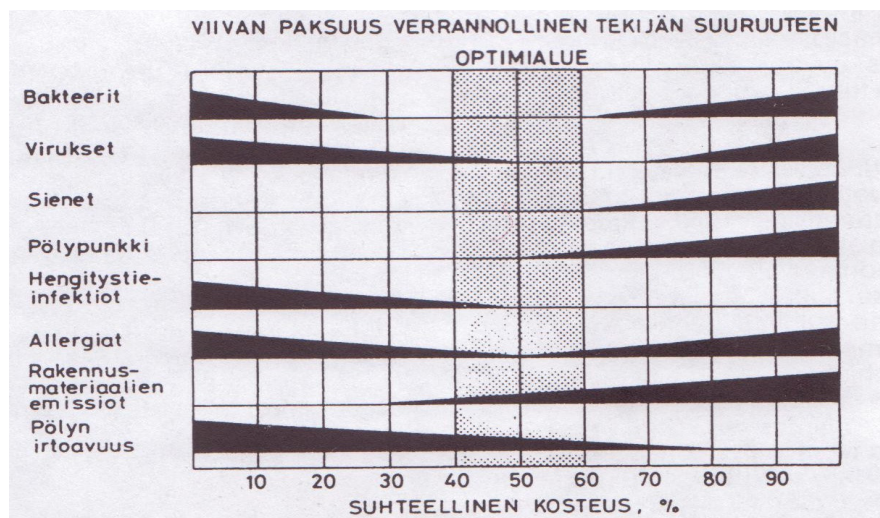
Tavanomaisissa käytön aikaisissa olosuhteissa hiilidioksidipitoisuus on yleensä enintään 1 200 ppm [2, s. 7]. Asumisterveysohjeen [3, s. 26] mukaan sisäilma ei täytä terveyden- suojelulain vaatimuksia hiilidioksidipitoisuuden ylittäessä 1 500 ppm. Sisäilmastoluokit- tus [1, s. 6] määrittelee enimmäisarvoksi 1 200 ppm. Taulukossa 4 on esitetty ohjeis- tusten mukaiset tavoitearvot sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle.

Taulukko 4. Ohjeistusten mukaiset ilmanlaadun tavoitearvot [1, s. 6; 2, s. 7; 3, s. 26].

	D2 2010	Sisäilmastoluokitus 2008			Asumisterveysohje 2003
		S1	S2	S3	
Hiilidioksidipitoisuus (ppm)	≤1200	<750	<900	<1200	≤1500

2.5 Huoneilman kosteus

Huoneilman kosteuden suhteen ei ole asetettu tarkkoja raja-arvoja. Suhteellisen kosteu- den tulisi olla 20–60 %. Muiden asumisen terveydellisten ehtojen toteutuessa ei arvoista poikkeamista kuitenkaan pidetä terveyshaittana. [3, s. 20.] Seppänen esittää [4, s. 24] kuvan 1 mukaisesti alhaisen ja korkean huoneilman suhteellisen kosteuden haittoja. Kuvaa 1 tutkittaessa selviävät tavoiterajojen perusteet.



Kuva 1. Ilman kosteuden vaikutukset [4, s. 24].

2.6 Olosuhteiden pysyvyys

Hiilidioksidipitoisuuden ja lämpöolosuhteiden suhteen pysyvyydet määritellään ainoastaan Sisäilmastoluokituksessa. Lämpöolosuhteiden pysyvyyttä tarkastellaan suunnitellun käyttöajan perusteella, jolloin lämpötilan tulee pysyä taulukon 5 mukaisissa rajoissa. Hiilidioksidipitoisuuksia tarkastellaan olosuhteiden pysyvyyden kannalta yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla. [1, s. 5.] Taulukossa 5 on esitetty Sisäilmastoluokituksen 2008 mukaiset tavoitearvot.

Taulukko 5. Sisäilmastoluokituksen mukaiset olosuhteiden pysyvyysvaatimukset ja niiden raja-arvot [1, s. 5–6].

	Sisäilmastoluokitus 2008		
	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila (°C, kun $t_{\text{lu}} \leq 10$ °C)	21...22	20,5...22,5	20...22
Ilman lämpötila (°C, kun $t_{\text{lu}} \leq 10$ °C)	21...22	20,5...22,5	20...22
Hiilidioksidipitoisuus (ppm)	<750	<900	<1200
Olosuhteiden pysyvyys, lämpö (% käyttöajasta)	≥95	≥90	
Olosuhteiden pysyvyys, hiilidioksidi (% käyttöajasta)	≥95	≥90	

3 Kohteet

3.1 Yleistä

Koko Espoon alueen tutkimuksissa oli 10 päiväkotia, joista viidessä suoritettiin mittauksia lepo- ja leikkihuoneissa. Kohteet on valittu Espoon kaupungin toimesta, eivätkä valintaperusteet ole mittaajien tiedossa. Tutkimuksessa mitattavista päiväkodeista käytetään tässä työssä nimityksiä päiväkoti 1, päiväkoti 2 ja niin edelleen.

Lepoajan seurantamittauksissa lepoahuoneita tutkittiin 10 kappaletta. Kaikki tutkitut lepoahuoneet ovat myös jonkinasteisessa leikkihuonekäytössä. Leikkihuoneita tutkittiin yksi jokaisesta päiväkodista, yhteensä viisi kappaletta. Tutkittaviksi leikkihuoneiksi

valittiin päiväkotien henkilökunnan näkemyksen mukaan eniten kuormitettu tai ilmanlaadultaan huonoin leikkihuone. Seurantamittauksissa tutkitut lepo- ja leikkihuoneet nimettiin taulukoihin ja kuviin ilmanvaihtopiirustusten mukaisesti numeroituina. Päiväkoti 3:ssa oli kaikkiaan kolme RH1- ja RH2-huonetilamerkintää, joten selvyuden vuoksi niitä on merkitty RH1(1), RH1(2) jne. Taulukossa 6 on esitetty käytetyt merkinnät seurantamittauksin tutkituille lepo- ja leikkihuoneille päiväkodeittain ja huoneittain. Jatkossa niitä käsitellään aina samassa järjestyksessä.

Taulukko 6. Seurantamittauksissa olleiden lepo- ja leikkihuoneiden merkintätavat.

Tila	Päiväkoti	Huonenumero
Lepohuoneet	Päiväkoti 1	119
		120
	Päiväkoti 2	RH2(1)
	Päiväkoti 3	202
	Päiväkoti 4	09
		14
		61
	Päiväkoti 5	010
		109
		131
Leikkihuoneet	Päiväkoti 1	118
	Päiväkoti 2	RH2(1)
	Päiväkoti 3	203
	Päiväkoti 4	13
	Päiväkoti 5	131

Lepohuoneeksi merkitty huone 120 on liikuntasali, jota käytetään lepoaikana myös lepoahuoneena. Lepohuone RH2(1) ja leikkihuone RH2(1) ovat sama huone. Samoin lepoahuone 131 ja leikkihuone 131 ovat sama huone. Jos huoneen käyttötavalla ei ole merkitystä mittaustulokseen tai tuloksen tarkasteluun, huoneet esiintyvät taulukoissa ja kuvissa vain lepoahuoneina.

3.2 Perustiedot

Perustiedot perustuvat mittauksissa mukana olleen Sanna Leppäsen keräämiin taustatietokyselyihin. Taulukossa 7 on esitetty kohteiden perustiedot.

Taulukko 7. Päiväkotien perustiedot.

	Päiväkoti 1	Päiväkoti 2	Päiväkoti 3	Päiväkoti 4	Päiväkoti 5
Rakennusvuosi	1987	1998	1968	1983	1974
Pinta-ala	727	566	415	1005	845
Henkilökunnan määrä	15	12	10	20+2	ei tiedossa
Hoitoryhmien /lasten määrä	3/63	3/54	2/43	6/98	6/89
Avoinna	6:30–18:00	7:00–17:00	7:00–17:00	6:30–17:30 tarvittaessa ma, ti, to –21:00	
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	X	X	-	X	X
Koneellinen poistoilmanvaihto	-	-	X	-	-
Käyttötilat ja käyntiaikatiedot					
1/2-teho	-	5:30–6:00, 17:00–17:30	aina	-	ma 4:00– 6:00, 16:00– 18:00
					ti-to 5:00– 6:00, 16:30– 18:00
1/1-teho	5:30–19:00	6:00–17:00	-	6:00–21:00	ma 6:00– 16:00
					ti-to 6:00– 16:30
Tuloilman lämpötilan säätö ja asetusarvo	-	21 °C	ulkoilma	20 °C	käyrällä 19– 22 °C
Lämmitys	pääosin kattolämmitys- elementit, sähkö	lattialämmitys, vesikiertoinen	patterit, vesikiertoinen	patterit, vesikiertoinen	patterit, vesikiertoinen

3.3 Lisätietoja kohteista

Kaikkien päiväkotien huollosta vastaa Espoon kaupunki. Taustatietokyselystä saatujen tietojen mukaan kaikissa tutkituissa päiväkodeissa suoritetaan säännöllisesti taulukon 8 mukaiset huoltotoimenpiteet.

Suurempia peruskorjauksia päiväkotien ilmanvaihtoon on tehty vain päiväkoti 5:ssä, joka on peruskorjattu vuonna 1997. Silloin poistoilmajärjestelmän tilalle on tehty koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä.

Taulukko 8. Päiväkodeissa suoritettavat säännölliset huoltotoimenpiteet.

Huoltotoimenpide	Huoltotiheys
Huippuimurien tarkastus	kerran vuodessa
Lämmitysjärjestelmän tarkastus	2 kertaa vuodessa
LVISK-hälytysten koestus	2 kertaa vuodessa
Vesikattojen tarkastus	kerran vuodessa
Seinien ja ikkunoiden tarkastus	joka toinen vuosi
Päälysrakenteiden tarkastus	joka kevät

Taulukon 8 mukaisten toimenpiteiden lisäksi tuloilmakoneet tarkastetaan säännöllisesti kaksi kertaa vuodessa päiväkodeissa 1, 2, 4 ja 5. Päiväkodista 2 mainitaan myös, että tulokoneen suodattimet täytyy vaihtaa kerran vuodessa ja WC-tiloja palvelevan tulo-poistokoneen suodattimet vaihdetaan kolme kertaa vuodessa.

Taustatietojen mukaan ilmastointikanavien puhdistus on suoritettu päiväkodissa 1 vuonna 2005, päiväkodissa 2 vuosien 2007–2008 aikana, päiväkodissa 4 vuonna 2009 ja päiväkodissa 5 noin 2008.

4 Mittaukset

4.1 Mittalaitteet

Mittalaitteet valittiin yhteistyössä laboratorioinsinööri Ari Hokkasen [5] kanssa Metropolia Ammattikorkeakoulun LVI-laboratorion mittalaitteista. Valinnat tehtiin mittaussuureiden ja ilmanvaihtopiirustuksissa esitettyjen laitetietojen pohjalta. Valinnoissa päädyttiin jäljempänä esitettyihin vaihtoehtoihin.

Ilmamäärien mittaus

Ilmamäärien mittaamiseen valittiin TSI VelociCalc Plus 8386 -mittari, jolla saadaan mitattua virtausnopeutta ja paine-eroa. Mittalaite tarvittuine lisävarusteineen on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Ilmamäärien mittauksissa käytetty TSI VelociCalc Plus -mittalaite ja tarvittut apuvälineet.

Operatiivisen lämpötilan mittaus

Kuvassa 3 oleva TCAK 1100 -kuutiolämpömittari valittiin operatiivisen lämpötilan mittaamiseen. Operatiivista lämpötilaa mitattiin lepo- ja leikkihuoneista 0,6 m:n ja 1,1 m:n korkeuksista. TCAK 1100 -mittalaitteen ominaisuuksiin ei kuulu mahdollisuutta tiedonkeräämiseen.



Kuva 3. TCAK 1100 -kuutiolämpömittari.

Lattioiden pintalämpötilan mittaus

Riittävän tarkkuuden omaava Raytek Raynger ST -infrapunalämpömittari valittiin lattioiden pintalämpötilan mittauksiin. Mittalaite on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Raytek Raynger ST -infrapunalämpömittari.

Hiilidioksidipitoisuuden sekä huoneilman lämpötilan ja kosteuden mittaus

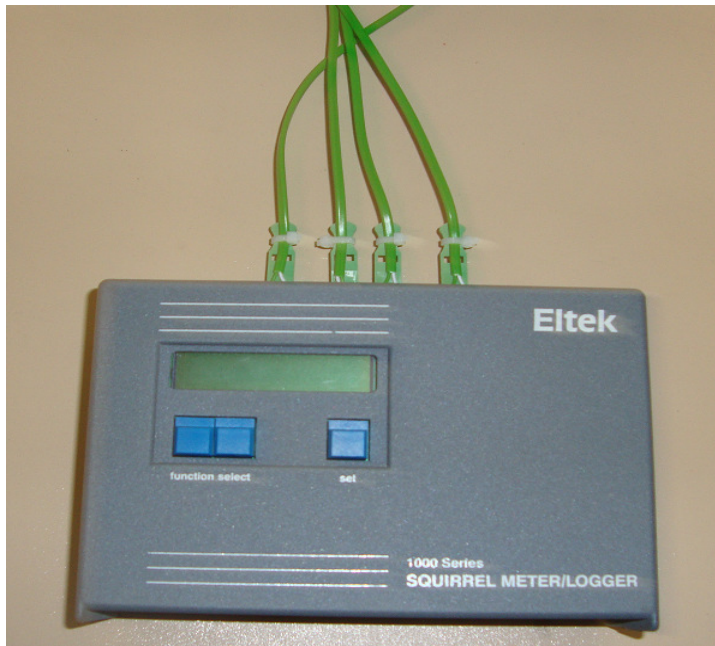
Hiilidioksidipitoisuuden sekä huoneilman lämpötilan ja kosteuden selvittämiseen valittiin TSI IAQ-Calc 7525 -sisäilmastomittari. Mittarin ominaisuuksiin kuuluu mahdollisuus useiden eri suureiden samanaikaiseen mittaamiseen ja tiedon keräämiseen, joten se valittiin seurantamittauksien suorittamiseen lepo- ja leikkihuoneissa. Mittalaite on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Sisäilman suhteellisen kosteuden, hiilidioksidipitoisuuden ja huonelämpötilanmittauksissa käytetty TSI IAQ-Calc 7525 -sisäilmastomittari.

Tulo- ja ulkoilman lämpötilan mittaus

Tulo- ja ulkoilman lämpötilaa tutkittiin seurantamittauksena, joten mittaukseen valittiin Eltek Squirrel Datalogger -tiedonkerääjä ja 5 metriä pitkillä johdoilla varustetut K-tyypin termoelementit. Mittalaite on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Eltek Squirrel Datalogger -mittalaite ja K-termo-elementit kiinni kytkettyinä.

4.2 Mittausten suoritus ja mittausmenetelmät

Toteutus, aikataulu ja sääolot

Mittaukset suoritettiin standardin SFS-5511 mukaisesti [6]. Lepo- ja leikkihuoneiden mittausten suorituksen ajankohdat ja mittausten aikainen ulkoilman lämpötila on esitetty taulukossa 9. Lepohuoneiden seurantamittauksissa pyrittiin vähintään tunnin mittaiseen jaksoon.

Leikkihuoneiden seurantamittauksien oli tarkoitus kestää noin viikon. Taulukossa 9 on esitetty myös ajankohtien ulkolämpötilat, jotka mitattiin kuvan 6 Dataloggerilla ja K-termoelementeillä.

Taulukko 9. Mittausaikataulu ja ulkoilman lämpötilat.

Lepohuoneet, kertamittaukset ja seurantamittaus						Ulkoilman lämpötila, °C (kertamittaus)	
	Päiväkoti 1	Päiväkoti 2	Päiväkoti 3	Päiväkoti 4	Päiväkoti 5	Mittausaikana	24h liukuva
119	30.3.					4,9	1,9
120	9.4.					4,2	4,1
RH2(1)		31.3.				3,4	2,2
202			12.4.			6,6	10
9				14.4.		11,2	6,7
14				13.4.		9,9	6,3
61				15.4.		9,2	4,9
10					27.4.	11,4	8,3
109					20.4.	9,5	5,4
131					27.4.	11,4	8,3
Leikkihuoneet, kertamittaukset/seurantamittaus							
118	9.4/30.3– 9.4					4,2	4,1
RH2(1)		31.3/25.3– 31.3				3,4	2,2
203			12.4/12.4– 21.4			6,6	10
13				13.4/1.4– 13.4		9,9	6,3
131					27.4/21.4– 27.4	11,8	8,4

Ilmavirtojen mittaus

Virtausnopeuteen perustuvat ilmavirtojen määrät tuloilmasäleiköistä mitattiin otsapinta- nopeudesta monipistemenetelmällä. Taulukossa 10 on esitetty monipistemittausmenetelmän mittauspisteiden lukumäärä suhteessa tuloilmasäleikön kokoon.

Taulukko 10. Virtausnopeuteen perustuvien mittauspisteiden lukumäärä tuloilmasäleiköistä.

	Leveys		
Korkeus	<200	250–400	500–800
<200	2x2	2x3	2x4
250-400	3x2	3x3	3x4

Päiväkodissa 3 virtausnopeutta mitattiin SPALTEX-ikkunarakoventtiilien aukoista.

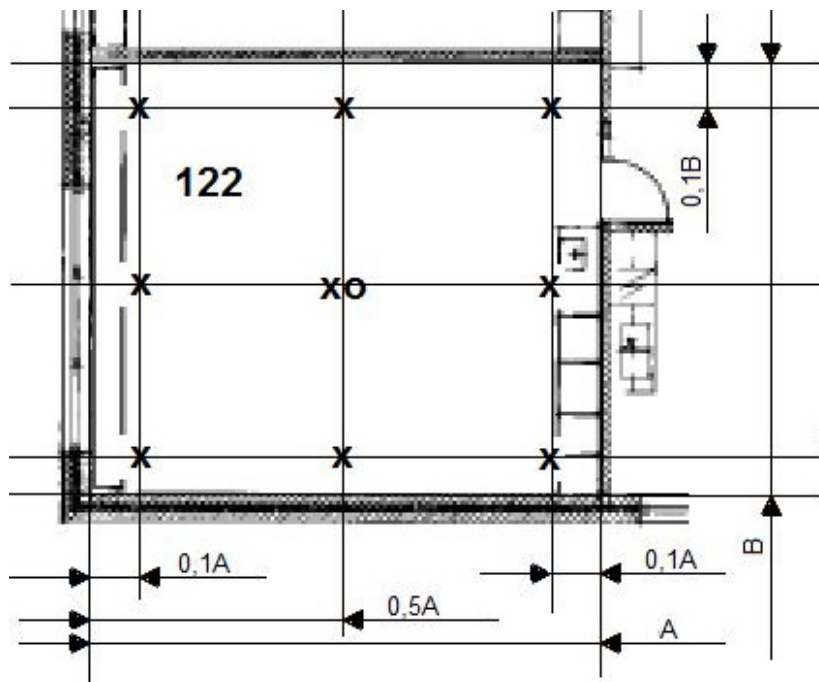
Ainoa vaihtoehtoinen menetelmä olisi ollut niin sanottu keräysmenetelmä, jota mittaajat pitivät vähintäänkin epävarmana. Vaikka keräysmenetelmää ei käytetty, päädyttiin päiväkodin 3 mittaustuloksien virhearvioinnissa suurimpaan virhearvioon. Pääsääntöisesti

tuloilmaelimistä mitattiin paine-ero, jonka perusteella valmistajien laitekohtaisista sää-
töohjeista saatiin selville kyseessä olevan laitteen tuloilmavirta.

Paine-eroon perustuva mittaus oli pääosissa myös mitattaessa poistoilmavirtoja. Päivä-
kodissa 3 poistoilmaelimistä virtausnopeutta koetettiin selvittää kanavanopeuden
perusteella, koska käytössä ei ollut paikkaan sopivaa anemometritorvea. Ilmanvaihtopii-
rustuksissa esitettyä RPT-mallisen poistoilmaelimen merkkiä ei saatu selville, eivätkä
sitä myöskään paine-eroon perustuvat kertoimet laitteelle olleet saatavissa.

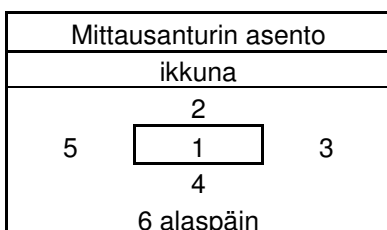
Operatiivisten lämpötilojen ja lattioiden pintalämpötilojen mittaus

Operatiiviset lämpötilat ja lattioiden pintalämpötilat mitattiin kertamittauksina. Niitä ei
juurikaan saatu mitattua lepo hetken aikana. Mittaukset kuitenkin pyrittiin suorittamaan
juuri ennen tai välittömästi lepo hetken jälkeen. Operatiiviset lämpötilat ja lattioiden
pintalämpötilat lepohuoneissa mitattiin kuvan 7 mukaisista paikoista. Esimerkkihuo-
neena kuvassa on käytetty huonetta 122 päiväkodista 5. Operatiiviset lämpötilat mitat-
tiin 0,6 m:n ja 1,1 m:n korkeudelta.



Kuva 7. Lattian pintalämpötilojen ja operatiivisen lämpötilan mittauspisteiden sijainnit.
Kuvassa X on lattian pintalämpötilan mittauspiste ja O on operatiivisen lämpötilan
mittauspiste 0,6 m:n ja 1,1 m:n korkeudelta.

Kuvassa 8 on esitetty operatiivisten lämpötilojen mittauksissa käytetyn TCAK 1100 -mittalaitteen mittausanturin asento mittaustilanteessa.



Kuva 8. TCAK 1100 -mittalaitteen mittausanturin asento mittaustilanteessa.

Lattian pintalämpötilojen mittauspisteet on esitetty kuvassa 9 liitteessä 1 olevien mittauspisteiden mukaisesti numeroituina.

ikkunaseinä		
1	2	3
4	5	6
7	8	9

Kuva 9. Lattioiden pintalämpötilojen mittauspisteet numerorjestyksessä.

Hiilidioksidipitoisuuden sekä huoneilman lämpötilan ja kosteuden mittaus

Seurantamittauksissa TSI IAQ-Calc 7525 -mittalaite ohjelmoitiin tallentamaan tulokset viiden minuutin välein. Mittalaite sijoitettiin lepohuoneiden hiilidioksidipitoisuuksia, huonelämpötilaa ja kosteutta mitattaessa 1,1 metrin korkeuteen. Lepohuoneen keskelle mittalaitetta ei kaikissa kohteissa saatu sijoitettua. Mittauspaikan sijainnin kuitenkin arvioitiin olleen riittävän hyvä oikeantasointien tulosten saamiseen silloinkin, kun mittauspaikka poikkesi huoneen keskiosasta.

Leikkihuoneissa tapahtuneen noin viikon mittaisen seurantamittauksen ajaksi mittalaite sijoitettiin leikkihuoneen poistoilmakanavaan. Näin mitattujen tulosten ajateltiin edustavan hyvin leikkihuoneen keskimääräistä ilmanlaatua.

Tuloilman ja ulkoilman lämpötilojen mittaus

Tuloilman lämpötiloja ja ulkoilman lämpötilaa mitattaessa Eltek Squirrel Datalogger -tiedonkerääjä sijoitettiin tilanteen mukaan joko leikkihuoneessa olevaan kaappiin tai muovikassissa valaisimien kiinnityksiin roikkumaan. Paikan valinnan ratkaisi huoneen koko, koska tarkoitus oli saada termoelementit ylettymään tuloilmakanavaan ja ulos.

4.3 Mittausten aikaisia havaintoja

Mittausten aikana huomiota kiinnitti, että kaikissa päiväkodeissa tuuletettiin runsaasti. Tätä voidaan pitää merkinä ilmanvaihdon riittämättömyydestä. Lepohetkien aikana ei havaittu tuulettamista, mikä selittyy ulkoilman viileydellä.

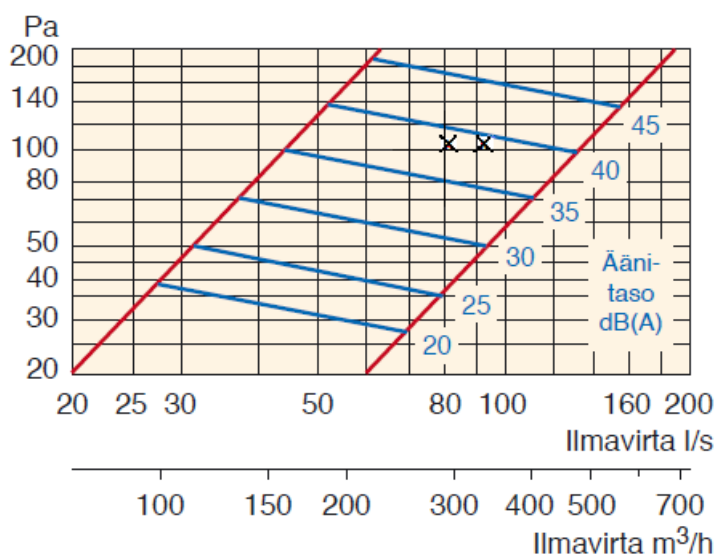
Ilmanvaihtoelementtien sijoitukseen kiinnitettiin myös huomiota. Poistoilmaelementtien sijoittelussa ei yleisesti ottaen ollut huomautettavaa, mutta kuvan 10 mukainen asennus kiinnitti huomiota. Kuvassa 10 on ympyröitynä kahden poistoilmaelementin sijainti lepohetkellä. Poistoilmaelementit jäivät kyseiseen paikkaan, kun sängyt lepohetkeä varten lasketaan. Normaalikäytössä ovi on kiinni.



Kuva 10. Poistoilmaelementtien sijainti lepohetkellä.

Äänitasoja ei tutkimuksessa mitattu, mutta kuvan 10 poistoilmalaimet kuulostivat äänekkäiltä. Äänitason voidaan epäillä olevan liian korkea, kun tarkastellaan valmistajan [7] esittämää laitteesta kuvasta 11. Äänitasot vaatisivatkin lisätutkimuksia.

SAT / SET 200



Kuva 11. Kuvan 10 poistoilmalaiminten äänitasot valmistajan esitteestä tarkasteltuna [7].

Tuloilmalaimiä oli usein sijoitettu kuvaa 12 vastaaviin paikkoihin. Kuvassa 12 tuloilmalaimin on miltei suorassa linjassa kohti valaisinta. Tuloilmalaimen etäisyys valaisimeen on noin metri. Laite on käännetty henkilökunnan toimesta väärinpäin. Tarkoitus on ollut vähentää valaisimeen osuvan sisäilmaa viileämmän tuloilman haittoja. Toimenpide oli asiaa auttanutkin. Laitteiden asennuskorkeuksissa havaittiin myös valmistajien asennusohjeista poikkeavia korkeuksia.



Kuva 12. Tuloilmaelin ja valaisin samalla linjalla.

Näiden lisäksi päiväkotien 3 ja 5 poistoilmakanavat olivat selkeästi pölyiset ja päiväkodin 4 poistoilmakoneen paine-eromittari näytti poistoilmasuodattimen olevan tukossa.

Ilmanvaihtopiirustukset olivat päivittämättä, eivätkä ilmanvaihtuelimet aina olleet piirustusten mukaisia. Tämä aiheutti lisätyötä oikeanlaisen ilmavirtojen mittaustavan ja ilmavirtojen suuruuden selvittämiseksi sekä lisäsi mittauskäyntikertoja päiväkodeissa ilmavirtojen oikeanlaisen mittaustavan mukaiseen suorittamiseen.

5 Mittaustulokset

5.1 Mittaustulosten virhearviointi

Mittausten kokonaisvirhearvioina käytetään ilman lämpötilan, operatiivisen lämpötilan ja lattioiden pintalämpötilojen sekä sisäilman suhteellisen kosteuden osalta seuraavia KH 20-00260 -kortin mukaisia kokonaisvirhearvioita [8, s. 2]. Virhearviot on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Mittauksissa käytetyt KH 20-00260 -kortin mukaiset virhearviot [8, s. 2].

Mittaus	Virhearvio
Ilman lämpötila	$\pm 0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Operatiivinen lämpötila	$\pm 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Pinta lämpötila	$\pm 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Ilman kosteus	$\pm 5 \text{ } \%$
Ilman nopeus, kun $\geq 0,5 \text{ m/s}$	$\pm 10 \text{ } \%$

KH 20-00260 -kortin [8, s. 2] mukaan lukemavirhe esiintyy vain analogisella mitta-asteikolla varustetuissa mittalaitteissa, joten ilmavirtojen sekä hiilidioksidipitoisuuksien mittauksissa kokonaisvirhearviot laskettiin mittalaitteen virheestä ja menetelmävirheestä kaavalla:

$$\overline{m} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

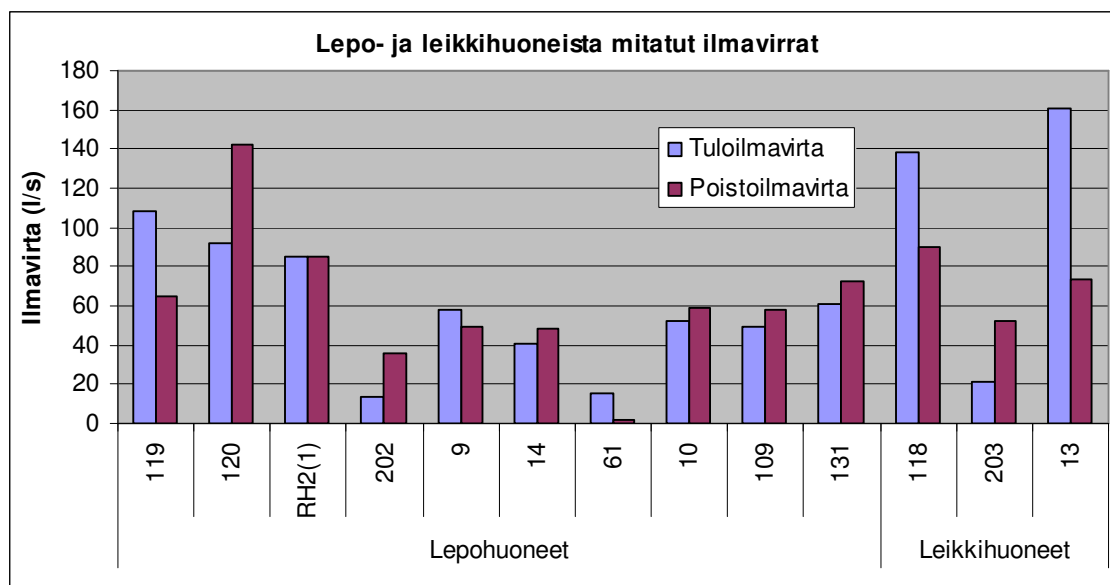
\overline{m}	kokonaisvirhe, %
m_1	mittalaitteen virhe, %
m_2	menetelmävirhe, %

jolloin tuloilmasäleiköistä virtausnopeutta mitattaessa saatiin kokonaisvirhearvioksi $\pm 10 \text{ } \%$ ja paine-eroa mitattaessa $\pm 5 \text{ } \%$. Hiilidioksidipitoisuuksien mittaustulosten virhearvioksi saatiin $\pm 5 \text{ } \%$. Päiväkodin 3 tulo- ja poistoilmavirtojen mittausvirheeksi arvioitiin $\pm 15 \text{ } \%$.

5.2 Ilmavirrat

Kaikkien tarkasteltavien lepo- ja leikkihuoneiden tulo- ja poistoilmavirrat on esitetty kuvassa 13. Tarkasteltavien tilojen ilmavirtojen tuloksia käytetään tarkemmin jäljempänä tulosten tarkastelussa. Kaikkiaan ilmavirtoja mitattiin 64 tilasta ja mittaustulokset on esitetty ilmamäärämittauspöytäkirjoissa liitteessä 2. Lepohuoneen 202 ja leikkihuoneen 203 ilmavirtoina tuloksissa on käytetty 1/2-teholla mitattuja tuloksia, koska konetta ei käytetä 1/1-teholla. 1/1-teholla käytettäessä äänitaso nousee liikaa. Kyseiset

ilmavirrat mitattiin myös 1/1-teholla ja tulokset on esitetty ilmamäärämittauspöytäkirjoissa liitteessä 2.

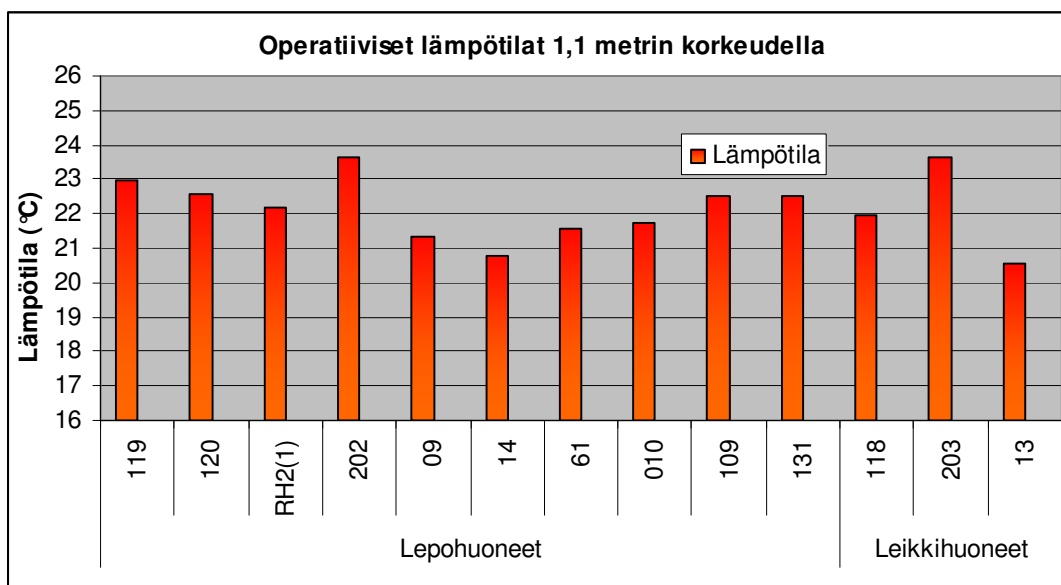


Kuva 13. Lepo- ja leikkihuoneiden tulo- ja poistoilmavirrat (10 lepoa huonetta ja 3 leikkihuonetta).

5.3 Lämpötilat

Operatiiviset lämpötilat

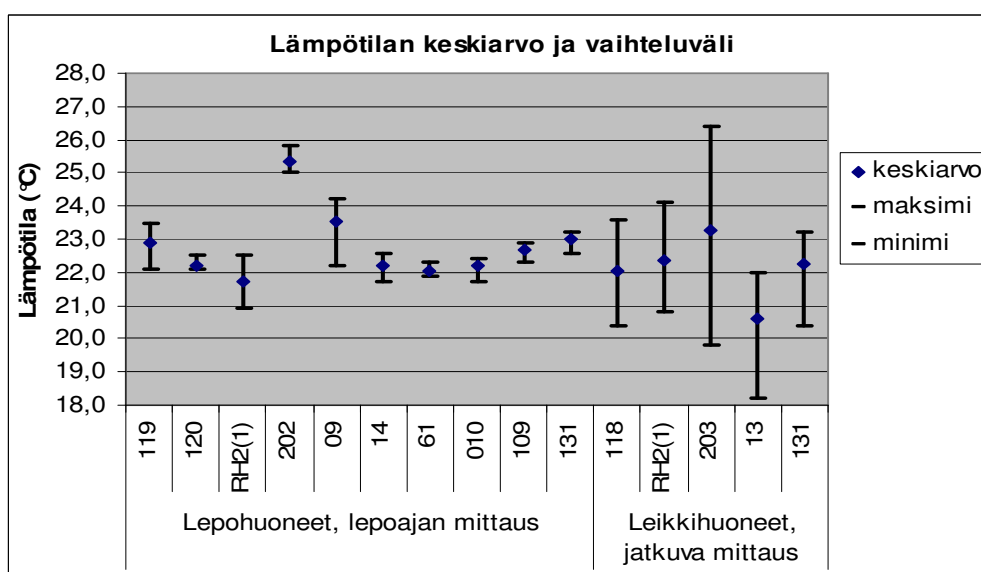
Tarkasteltavien lepo- ja leikkihuoneiden operatiivisten lämpötilojen mittaustulokset 1,1 m:n korkeudelta on esitetty kuvassa 14. Näiden operatiivisten lämpötilojen mittaustulokset vaihtelivat välillä 20,5...23,7 °C ja niiden keskiarvo oli 22,2 °C. Kaiken kaikkiaan operatiivisia lämpötiloja mitattiin 50 tilasta 0,6 m:n ja 1,1 m:n korkeudelta. Kaikki mitatut operatiiviset lämpötilat on esitetty liitteen 3 mittauspöytäkirjoissa.



Kuva 14. Operatiiviset lämpötilat lepo- ja leikkihuoneista (10 lepoaunetta ja 3 leikkihuonetta).

Huoneilman lämpötilat

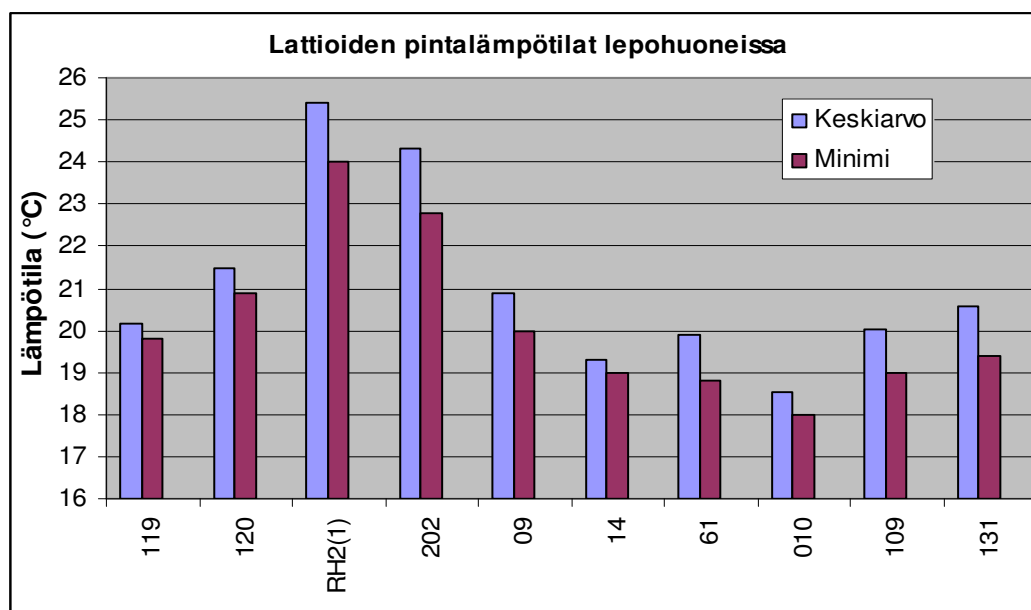
Mittaustulokset huoneilman lämpötiloista on esitetty kuvassa 15. Lepohuoneiden lämpötilojen maksimi- ja keskiarvot vaihtelivat välillä 20,9...25,8 °C ja leikkihuoneiden välillä 18,2...26,4 °C. Lepohuoneiden lämpötilojen keskiarvo oli 22,8 °C ja leikkihuoneiden 22,1 °C. Huoneilman lämpötilat on esitetty liitteessä 4.



Kuva 15. Huoneilman lämpötilojen vaihteluvälit ja keskiarvot sekä maksimi- ja minimitulokset ($n = 10$ lepoaunetta ja 5 leikkihuonetta).

Lattioiden pintalämpötilat

Lattian pintalämpötiloja mitattiin yhteensä 20 lepoahuoneesta. Kaikki mitatut lattioiden pintalämpötilat on esitetty liitteessä 1. Tarkasteltavien lepoahuoneiden lattioiden pintalämpötilat ja mittauspisteiden minimilämpötila on esitetty kuvassa 16. Lattioiden pintalämpötilat vaihtelivat välillä 18,5...25,4 °C keskiarvon ollessa 21,1 °C ja mittauspisteiden minimilämpötilat välillä 18...24 °C.



Kuva 16. Lattioiden pintalämpötilat ja mittauspisteiden alhaisin lämpötila (10 lepoahuonetta).

Tuloilman lämpötila

Leikkihuoneista mitattujen tuloilmavirtojen lämpötilat on esitetty taulukossa 12.

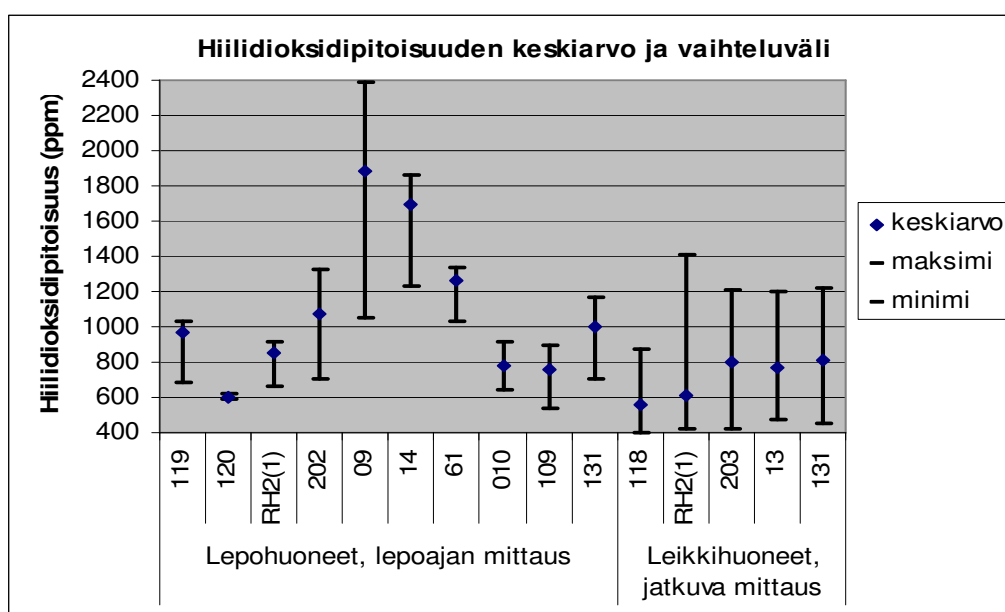
Tiedossa olevista tuloilman lämpötilojen asetusarvoista päiväkodin 4 leikkihuoneen 13 tuloilman lämpötilan keskiarvo poikkesi asetusarvosta.

Taulukko 12. Tuloilman lämpötilat.

	Tuloilman lämpötila, °C			
Tila	118	RH2(1)	13	131
Maksimi	19,4	22,8	20,6	21,7
Minimi	18	20	17,6	20,6
Keskiarvo	18,6	20,9	18,8	20,8
Asetusarvo	-	21	20	19–22

5.4 Hiilidioksidipitoisuudet

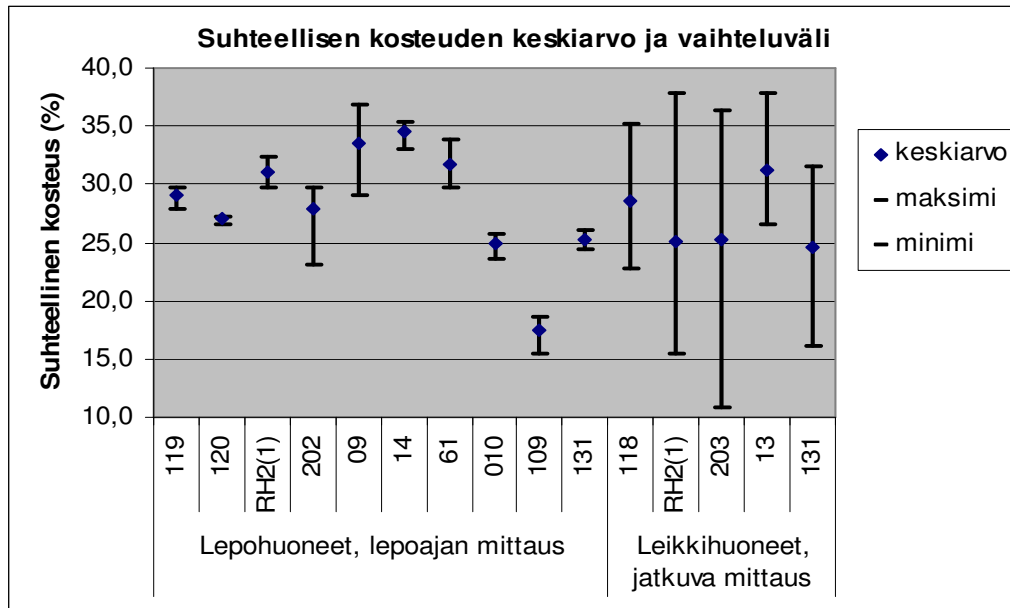
Hiilidioksidipitoisuuksien mittaustulokset on esitetty kuvassa 17. Hiilidioksidipitoisuuksien maksimi- ja minimiarvot vaihtelivat lepohuoneissa lepoaikaan välillä 620–2 392 ppm maksimipitoisuuksien keskiarvon ollessa 1 247 ppm ja leikkihuoneissa välillä 874–1 413 ppm keskiarvon ollessa 1 185 ppm. Lepohuoneiden hiilidioksidipitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat välillä 605–1 886 ppm ja leikkihuoneiden välillä 560–870 ppm keskiarvojen ollessa 1 087 ppm ja 709 ppm. Leikkihuoneiden hiilidioksidin minimipitoisuuksien keskiarvo oli 431 ppm. Hiilidioksidipitoisuuksien mittaustulokset on esitetty liitteessä 4.



Kuva 17. Hiilidioksidipitoisuuksien vaihteluvälit ja keskiarvot sekä maksimi- ja minimitulokset (10 lepohuonetta ja 5 leikkihuonetta).

5.5 Huoneilman kosteudet

Tarkasteltavina olevien lepo- ja leikkihuoneiden suhteellisen kosteuden mittaustulokset on esitetty kuvassa 18. Huoneilman suhteelliset kosteudet vaihtelivat lepohuoneissa välillä 15–37 % ja leikkihuoneissa välillä 11–38 %. Lepohuoneiden ilmankosteuksien keskiarvo oli 28 % ja leikkihuoneiden 27 %. Huoneilman kosteuden mittaustulokset on esitetty liitteessä 4.



Kuva 18. Kosteusmittausten vaihteluvälit ja keskiarvot sekä maksimi- ja minimitulokset (10 lepoaunetta ja 5 leikkihuonetta).

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Tulosten tarkastelussa huomioitavia seikkoja

Erityistä huomiota mittausten aikana aiheutti havainto usein tapahtuvasta tuulettamisesta ikkunoita avaamalla. Tätä ei voi jättää huomioimatta arvioitaessa leikkihuoneiden seurantamittausten tuloksia. Tuulettaminen alentaa sitä enemmän hiilidioksidipitoisuuksia, mitä useammin ja pidempikestoisesti sitä tapahtuu. Vaikutus on sama myös lämpötilamittauksiin, koska mittausajankohta oli keväällä ja ulkoilman lämpötila oli vielä viileähkö.

Tuulettaminen vaikuttaa myös kertamittauksina tapahtuneisiin operatiiviseen lämpötilaan ja lattioiden pintalämpötiloihin tuloksia mahdollisesti alentaen. Mittaajat eivät kaikista tiloista tienneet, onko niitä juuri tuuletettu tai kuinka kauan niitä on äskettäin tuuletettu. Jos ikkunoita availtiin kesken mittauksen, siitä on merkintä operatiivisen lämpötilan mittauspöytäkirjassa liitteessä 3.

Ikkunan kautta tapahtuvan tuulettamisen määrää ja sen suuruusluokan vaikutusta leikkihuoneiden tuloksiin on tässä yhteydessä mahdotonta lähteä tarkasti arvioimaan. Mittaajien omien havaintojen perusteella päiväkotit 1 ja 2 olivat eniten ja päiväkotit 2 vähiten tuuletettu.

Lepohuoneita ei lepoaikana havaittu tuuletettavan, joten hiilidioksidipitoisuus-, lämpötila- ja kosteusmittauksien tulokset lepoaikaan ovat varsin luotettavia.

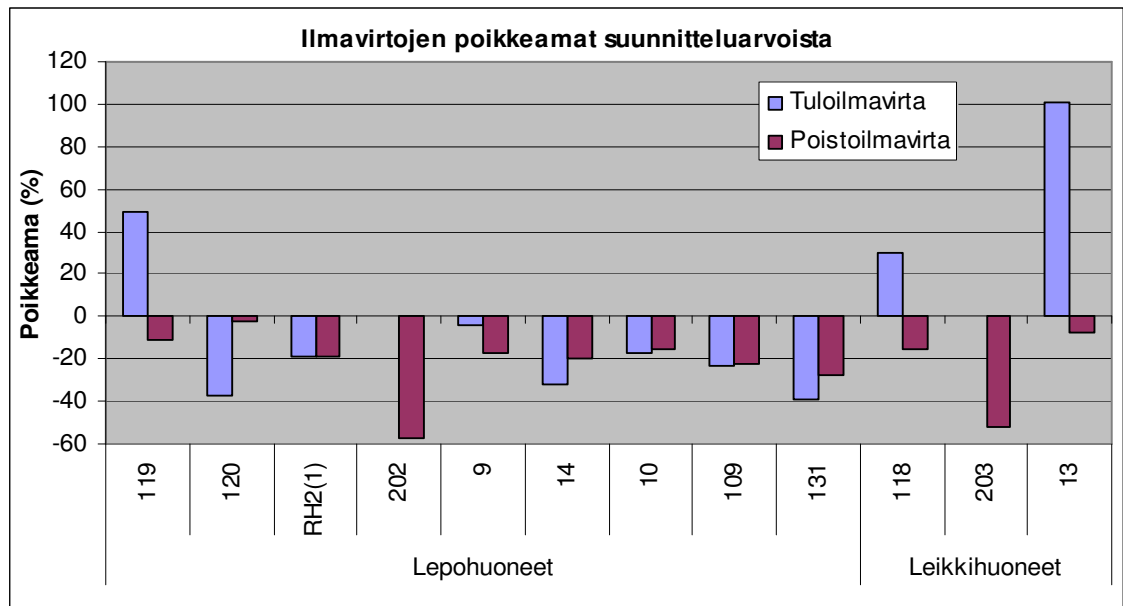
6.2 Ilmavirrat

Päiväkotien ilmanvaihtopiirustuksista mitattiin tilojen pinta-alat ja selvitettiin tilojen suunnitellut ilmavirrat. Niistä laskettiin ilmavirtojen poikkeamat suunnitteluarvoista ja ilmavirrat pinta-alaa kohti.

Ilmavirtojen poikkeamat suunnitteluarvoista

Ilmavirtojen poikkeamat suunnitteluarvoista on esitetty kuvassa 19. Lepohuoneesta 61 ei ollut ilmavirroille suunnitteluarvoja. Lepohuoneesta 202 ja leikkihuoneesta 203 ei ollut suunnitteluarvoja tuloilmavirroille. Lepohuoneen 202 ja leikkihuoneen 203 poistoilmavirtojen poikkeamat kuvassa 19 on laskettu poistoilmalaitteen ollessa 1/2-teholla. Huoneiden ilmavirrat mitattiin myös 1/1-teholla, jolloin poistoilmavirran poikkeama oli -18 % huoneessa 202 ja +14 % huoneessa 203.

Kaikista 64 mitatusta tilasta on poikkeamat laskettu suunnitteluarvojen ollessa tiedossa. Kaikki lasketut poikkeamat on esitetty ilmamäärämittauspöytäkirjojen yhteydessä liitteessä 2. Seurantamittauksessa olleiden huoneiden poikkeamat on esitetty myös liitteessä 5.

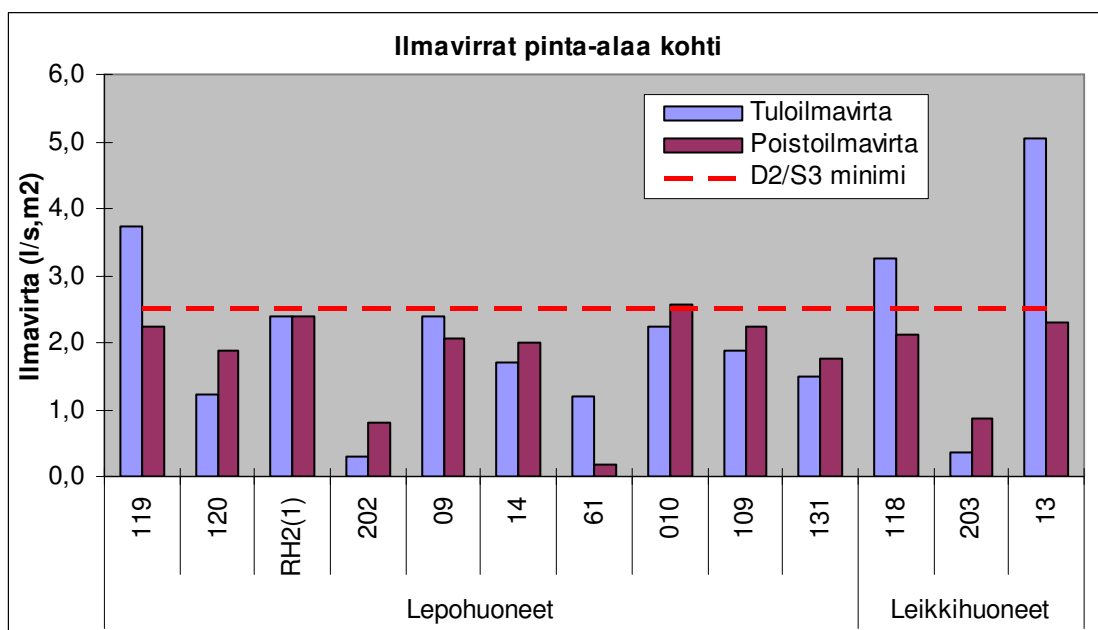


Kuva 19. Ilmavirtojen poikkeamat suunnitteluarvoista (9 lepohuonetta ja 3 leikkihuonetta).

Sallittu maksimipoikkeama suunnitelluista ilmavirroista huonekohtaisesti on D2 2010:n mukaan enintään 20 %. Tämä ylitettiin tuloilman osalta 5 lepohuoneessa ja poistoilman osalta 3 lepohuoneessa. Leikkihuoneissa raja ylittyi tuloilman osalta kahdessa ja poistoilman osalta yhdessä leikkihuoneessa. Kun tuloksia verrataan aiemmin eri kohteissa tehtyyn ”Päiväkotien sisäilman laatu ja ilmanvaihdon toimivuus” [9, s. 19] tutkimuksen tuloksiin, jossa tuloilmavirroissa poikkeama oli 15 lepohuoneessa 25:stä ja poistoilmavirroissa 12:ssa 29 lepohuoneesta suurempi kuin 20 %, voidaan todeta rajan ylittäneiden huoneiden suhteen olleen samaa suuruusluokkaa.

Ilmavirrat pinta-alaa kohti

Ilmavirtojen määrät pinta-alaa kohti on esitetty kuvassa 20. Lepohuone 120 on varsinaisesti liikuntasali, jonka ohjeistuksen mukainen vähimmäisilmavirta on $2,0 \text{ (l/s)/m}^2$.



Kuva 20. Mitattujen lepo- ja leikkihuoneiden tulo- ja poistoilmavirrat pinta-alaa kohti ja nykyisen ohjeistuksen alaraja (10 lepoa huonetta ja 3 leikkihuonetta).

Kuvasta 20 havaitaan, että ohjeistuksen mukaisen vähimmäisrajan alle jäi poistoilmavirran osalta 9 lepoa huonetta ja 3 leikkihuonetta. Tuloilmavirran osalta rajan alle jäi 9 lepoa huonetta ja yksi leikkihuone. Lepo- ja leikkihuoneissa poistoilmavirrat olivat keskimäärin $1,8 \text{ (l/s)/m}^2$ ja tuloilmavirrat vastaavasti $1,9 \text{ (l/s)/m}^2$ ja $2,9 \text{ (l/s)/m}^2$. Vertailututkimuksen kohteissa [9, s. 19] lepoa huoneiden keskimääräiset poistoilmavirrat olivat $1,6 \text{ (l/s)/m}^2$ ja tuloilmavirrat $2,4 \text{ (l/s)/m}^2$. Vertailututkimuksen tuloksiin verrattuna lepoa huoneiden poistoilmavirrat olivat hieman suuremmat, mutta olivat pääsääntöisesti edelleen liian alhaiset nykyisiin ohjeistuksiin verrattuna. Vertailututkimuksessa lepoa huoneiden tuloilmavirrat olivat likimain neljänneksen suuremmat. Myös tuloilmavirrat olivat nykyisiä ohjeistuksia alhaisemmat. Ilmavirrat pinta-alaa kohti ja pinta-alat on esitetty myös liitteessä 5.

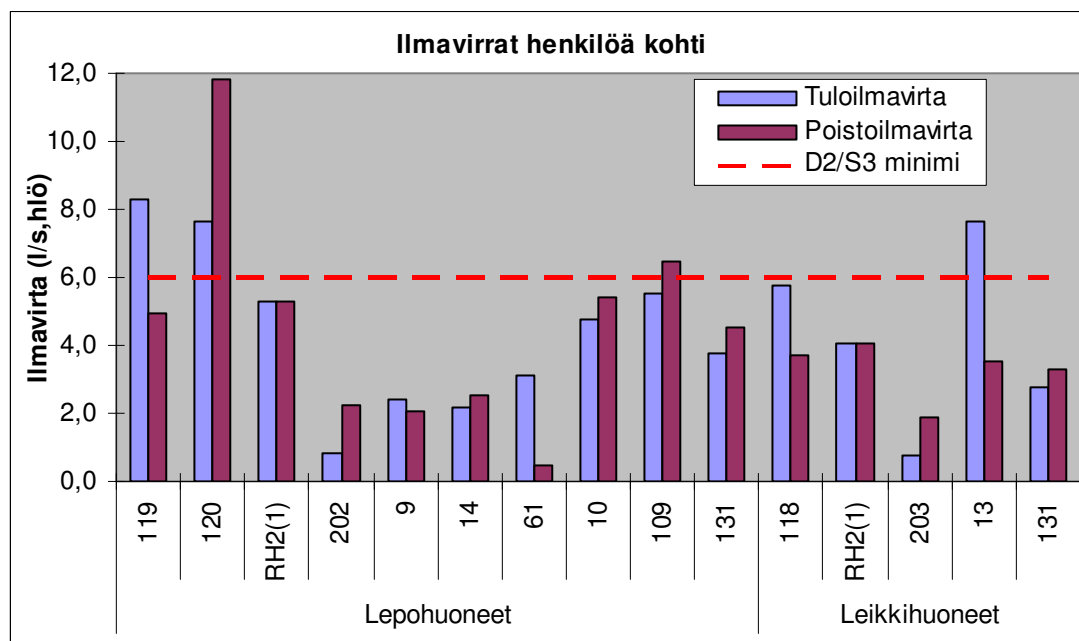
Ilmavirtojen suunnitteluvarvot pinta-alaa kohti

Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustetuissa päiväkodeissa 1, 4 ja 5 ilmanvaihtosuunnitelmat olivat nykyisten ohjeistusten vähimmäistason mukaisia. Viimeisenä valmistuneessa päiväkotit 2:ssa suunnitteluvarvona on käytetty $3,0 \text{ (l/s)/m}^2$. Pelkästään koneellisella poistoilmanvaihdolla varustetussa, vuonna 1968 valmistuneessa päiväko-

dissa ei ollut suunnitteluarvoja tuloilmavirrälle. Poistoilmavirtojen suunnitteluarvot olivat nykyisiä ohjeistuksia pienemmät ollen keskimäärin $1,7 \text{ (l/s)/m}^2$. Vertailututkimuksessa [9, s. 19] keskitetyiden ilmanvaihtojärjestelmien poistoilmavirtojen suunnitteluarvot olivat keskimäärin $2,1 \text{ (l/s)/m}^2$ ja tuloilmavirtojen $2,2 \text{ (l/s)/m}^2$. Suunnitelmien mukaiset pinta-alaperusteiset ilmavirrat on esitetty liitteessä 5.

Ilmavirtojen suuruus henkilökuormaa kohti

Ilmavirrat suhteessa henkilökuormaan ja ohjeistuksen mukaiseen vähimmäistasoon on esitetty kuvassa 21. Liitteessä 5 esitettyjä maksimihenkilömääriä käytettiin, kun verrattiin ilmavirtoja suhteessa henkilökuormaan. Lepohuoneiden henkilömäärät perustuvat mittaaajien seurantaan ja henkilökunnan ilmoittamiin lukuihin. Leikkihuoneiden seurantamittauksen ajaksi hoitohenkilökunnalle jätettiin lomake, johon henkilömääriä kirjattiin. Liitteessä 5 ilmoitettu maksimi on mittausjakson aikana lomakkeisiin kirjattu suurin henkilömäärä. Keskimääräisenä arvona on käytetty kaikkien päiväkotikohtaisten kirjausten keskiarvoa. Leikkihuoneen RH2(1) keskiarvo arvioitiin ryhmäkoon perusteella, joka oli 21 lasta sekä hoitajat.



Kuva 21. Tulo- ja poistoilmavirrat lepo- ja leikkihuoneissa suhteutettuna tiedossa olevaan maksimihenkilökuormaan sekä nykyisen ohjeistuksen alaraja (10 lepo- ja 5 leikkihuonetta).

Kahdeksassa lepohuoneessa alittui ohjeistuksen vähimmäistason mukainen henkilöperusteisen mitoituksen poisto- ja tuloilmavirta. Ohjeistuksen mukaisen vähimmäistason alle jäivät myös kaikkien leikkihuoneiden poistoilmavirrat ja neljän leikkihuoneen tuloilmavirrat. Lepohuoneiden poistoilmavirtojen keskiarvo oli 4,6 (l/s)/hlö ja tuloilmavirtojen 4,4 (l/s)/hlö. Leikkihuoneissa vastaavat keskiarvot olivat 3,3 (l/s)/hlö ja 4,2 (l/s)/hlö. Lepohuoneiden poistoilmavirtojen keskiarvoa nostaa lepohuone 120, joka varsinaisesti on liikuntasali. Lepohetken mittauksessa se oli vähäisesti kuormitettuna. Vertailututkimuksen kohteissa vastaavat arvot olivat lepohuoneissa 3,3 (l/s)/hlö ja 4,8 (l/s)/hlö.

6.3 Lämpötilat

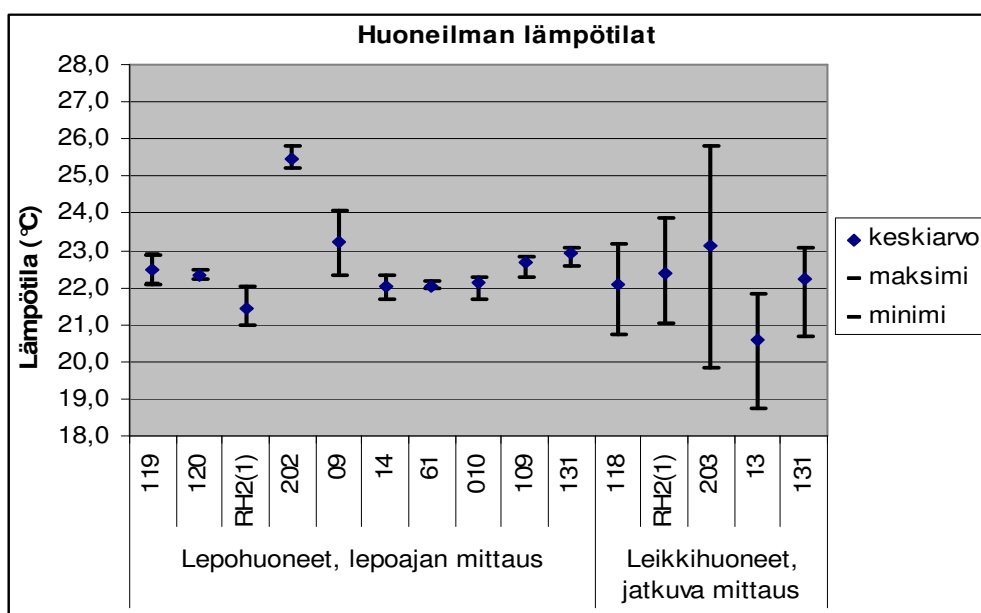
Operatiiviset lämpötilat

Operatiivisten lämpötilojen tarkastelu voidaan suorittaa mittaustulosten kuvasta 14. Kuvasta 14 havaitaan, ettei missään tilassa ylitetty SRMK:n mukaista enimmäisrajaa 25 °C. Tavoitetason enimmäisrajan 22 °C ylitti kuusi lepohuonetta ja kaksi leikkihuonetta. [2, s. 3.] Sisäilmastoluokituksen [1, s. 5] mukaista liukuvaa yhden tunnin keskiarvoa ei kertamittauksista voi laskea.

Huoneilman lämpötilat

SRMK:n [2, s. 6] mukaisesti huoneilman lämpötilaa tarkasteltaessa mittaustulosten kuvasta 15 havaitaan, että kaikissa huoneissa ylitettiin tavoitetason yläraja ja yhdessä lepohuoneessa leikkihuoneessa ylitettiin enimmäisraja. Molemmat ylitykset olivat päiväkodissa 3. Kyseisessä päiväkodissa on koneellinen poistoilmavaihto, ja päivällä auringon aiheuttama lämpökuorma on suuri.

Sisäilmastoluokituksen mukaisesti yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla lasketut huoneilman lämpötilat on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Huoneilman lämpötilan vaihteluvälit ja keskiarvot sekä maksimi- ja minimiarvot yhden tunnin liukuvan keskiarvon mukaisesti laskettuna (10 lepohuonetta ja 5 leikkihuonetta).

Huoneilman lämpötilan S3-luokan enimmäisrajan 25 °C ylitti yksi lepo- sekä leikkihuone. S1- ja S2-luokkien enimmäisrajan 23 °C ylitti 3 lepohuonetta ja 4 leikkihuonetta. S3-luokan vähimmäisrajaa 18 ei alitettu. S1- ja S2-luokkien vähimmäisrajan 20 °C alitti 2 leikkihuonetta. Lepohetkien keskiarvot olivat hiukan korkeammat kuin leikkihuoneissa. Osittain se ainakin selittyy henkilömäärän sekä aurinkoisten päivinä auringon aiheuttamasta lämpökuormasta. Lämpötilan nousu voi olla myös merkki riittämättömästä ilmanvaihdesta. Käyttäjien toiveesta ylläpidettävän huoneilman lämpötilan tavoitetasot eivät ole tiedossa.

Lattioiden pintalämpötilat

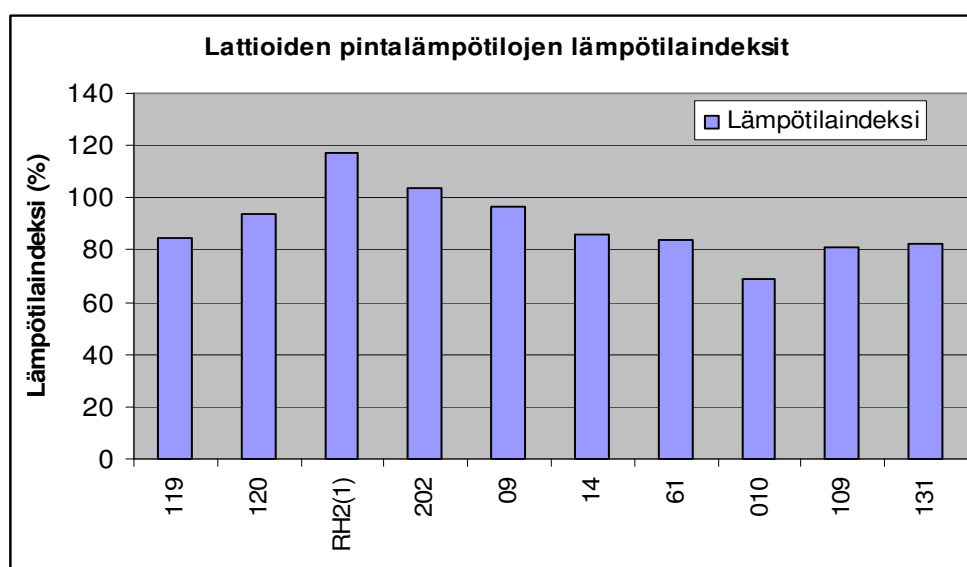
Lattioiden pintalämpötilojen mittaustuloksia on esitetty kuvassa 16 ja taulukossa 13. Asumisterveysoppaan mukaan lattian pintalämpötilan välttävä taso päiväkodeissa on +19 °C. Lattioiden pintalämpötilaa arvioitaessa on kuitenkin käytettävä lämpötilaindeksiä, kun ulkoilman lämpötila poikkeaa arvosta $-5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. [10, s. 28.] Lämpötilaindeksi lasketaan Asumisterveysohjeen [3, s. 15] mukaisesti kaavalla

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) * 100 (\%)$$

TI	lämpötilaindeksi, %
T _{sp}	sisäpinnan lämpötila, °C
T _i	sisäilman lämpötila, °C
T _o	ulkoilman lämpötila, °C.

Lattian välttävän tason lämpötilaindeksi on $\geq 87\%$ ja hyvän tason $\geq 97\%$ [3, s. 15].

Lämpötilaindeksit on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Lattioiden pintalämpötilojen lämpötilaindeksit (10 lepohuonetta).

Lämpötilaindeksillä tarkasteltuna kuusi lepohuonetta ei saavuttanut Asumisterveysohjeen mukaista välttävää tasoa 87 %. Hyvän tason lämpötilaindeksin 97 % saavutti kaksi lepohuonetta. Kuvaa 16 tarkasteltaessa havaitaan yhden lepohuoneen lattian pintalämpötilan alittavan Asumisterveysohjeen mukaisen välttävän tason +19 °C. Sisäilmastoluokituksen S3-luokan alarajaa 17 °C ei alitettu lepohuoneissa yhdessäkään oleskeluvyöhykkeen mittauspisteessä.

Lattioiden pintalämpötilat, lattioiden pintalämpötilojen mittauspisteiden minimipintalämpötilat ja lämpötilaindeksit on esitetty taulukossa 13. Lattialämmitys lepohuoneessa

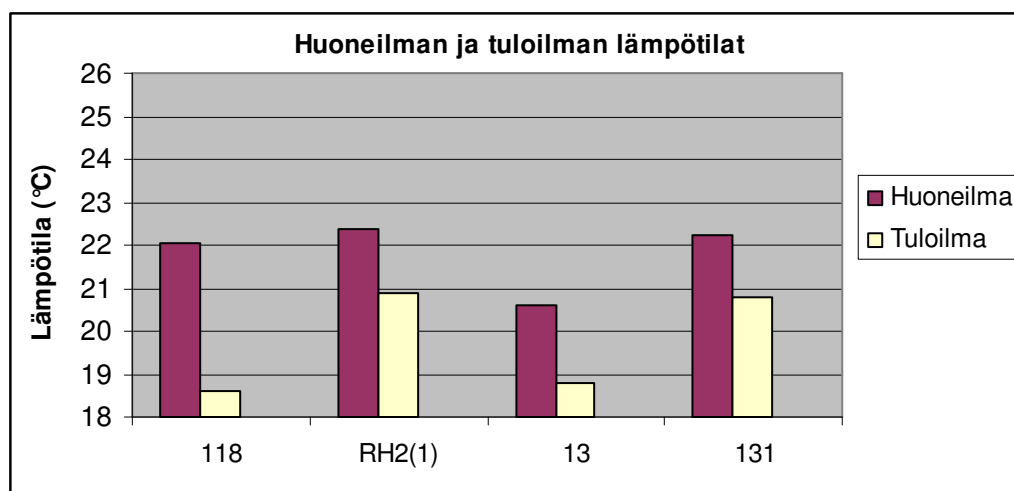
RH2(1) ja auringon aiheuttama lattian lämpeneminen huoneessa 202 selittävät kyseisten huoneiden lämpötilaindeksien nousemisen yli 100 %.

Taulukko 13. Lattioiden pintalämpötilat, mitauspisteiden minimiarvo ja lämpötilaindeksit.

Lattioiden pintalämpötilat ja lämpötilaindeksit			
Tila	Lämpötila (°C)		Lämpötilaindeksi
	Keskiarvo	Minimi	
119	20,2	19,8	85
120	21,5	20,9	94
RH2(1)	25,4	24,0	117
202	24,3	22,8	104
09	20,9	20,0	96
14	19,3	19,0	86
61	19,9	18,8	84
010	18,5	18,0	69
109	20,0	19,0	81
131	20,6	19,4	82

Tuloilman lämpötila

Leikkihuoneista mitattujen huoneilman sekä tuloilmavirtojen keskimääräiset lämpötilat on esitetty kuvassa 24. Kuvaa tarkasteltaessa voidaan ajatella, että tuloilman lämpötila voisi olla alhaisempikin leikkihuoneissa RH2(1) ja 131. Ilmavirtojen heittokuviot olisi kuitenkin syytä tarkistaa.



Kuva 24. Huoneilman ja tuloilman keskimääräiset lämpötilat.

6.4 Hiilidioksidipitoisuudet

Hiilidioksidipitoisuuden enimmäisarvot

Hiilidioksidipitoisuuden mittaustuloksia on esitetty kuvissa 17, 25 ja 26. Mittaustuloksista selviää, että neljässä lepohuoneessa ylittyi ohjeistuksien mukainen hiilidioksidipitoisuuden enimmäisraja 1 200 ppm. Niistä kahdessa lepohuoneessa ylittyi vielä Asumisterveysoppaan [10, s. 134] mukainen terveydensuojelulain enimmäisraja 1 500 ppm. Leikkihuoneista kolmessa ylittyi ohjeistuksien mukaisen enimmäisraja 1 200 ppm, mutta tulokset pysyivät kuitenkin terveydensuojelulain edellyttämällä tasolla [10, s. 134]. Huomioitaessa mittauksen virhearvio leikkihuoneiden minimipitoisuudet ovat lähellä ulkoilman hiilidioksidipitoisuutta.

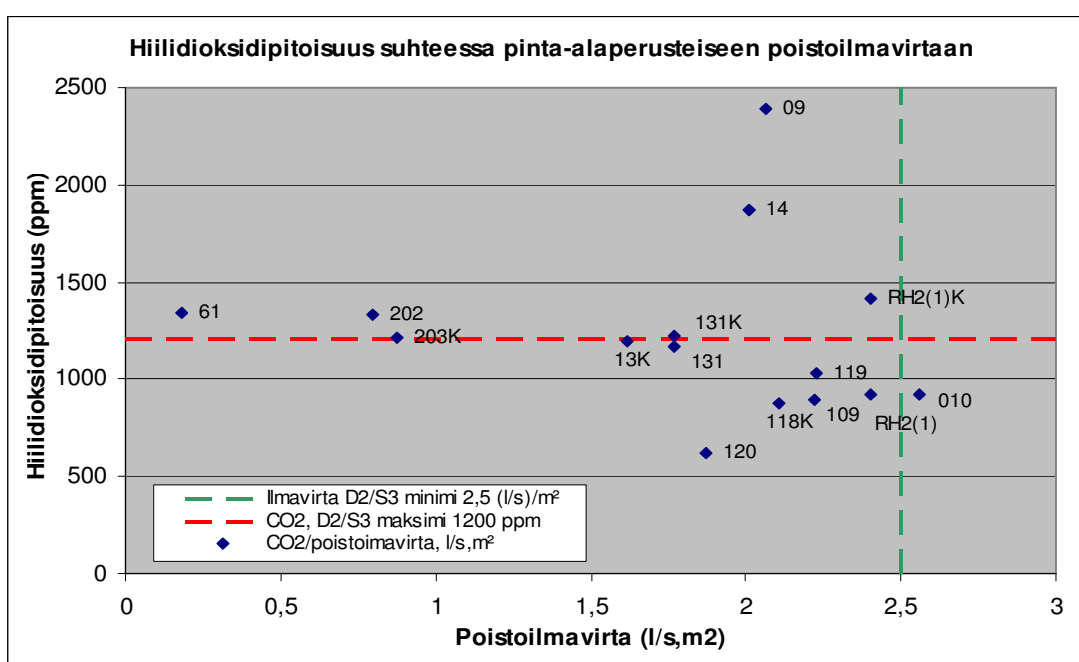
Leikkihuoneen RH2(1) korkea maksimipitoisuusarvo 1 413 ppm on hetkellinen kohoama pitoisuudessa. Tämä selviää taulukosta 14, jossa on esitetty seurantamittaukseen viiden minuutin välein kirjautuneet tulokset. Syytä pitoisuuden kohoamiseen ei saatu selville. Hiilidioksidipitoisuuksien keskiarvoja tarkasteltaessa kuvasta 17 havaitaan huoneen RH2(1) ilmanlaadun olevan yleensä hyvää tasoa.

Taulukko 14. Hiilidioksidipitoisuuden seurantamittauksen tuloksia leikkihuoneesta RH2(1).

Date	Time	CO2
dd. MM. yyyy	hh:mm:ss	ppm
29. 3. 2010	9:19:45	1161
29. 3. 2010	9:24:46	1413
29. 3. 2010	9:29:46	1356
29. 3. 2010	9:34:47	1230
29. 3. 2010	9:39:47	1157

Hiilidioksidipitoisuuden suhde pinta-alaperusteiseen poistoilmavirtaan

Hiilidioksidipitoisuuksien enimmäisarvoja suhteessa pinta-alaperusteiseen poistoilmavirtaan tarkasteltiin kuvan 25 mukaisesti. Kuvaan on leikkihuoneiden huonenumeroon lisätty ”K” leikkihuoneiden erottamiseksi. Muut ovat lepohuoneiden lepohetken aikaisia mittaustuloksia. Kuvasta voidaan todeta, että $2,0 \dots 2,5 \text{ (l/s)/m}^2$ poistoilmavirta ei ole aina riittävä takaamaan laadullisesti hyvää sisäilmaa. Sisäilman epäpuhtauspitoisuuden suuruus on sidoksissa henkilökuormituksen suuruuteen.

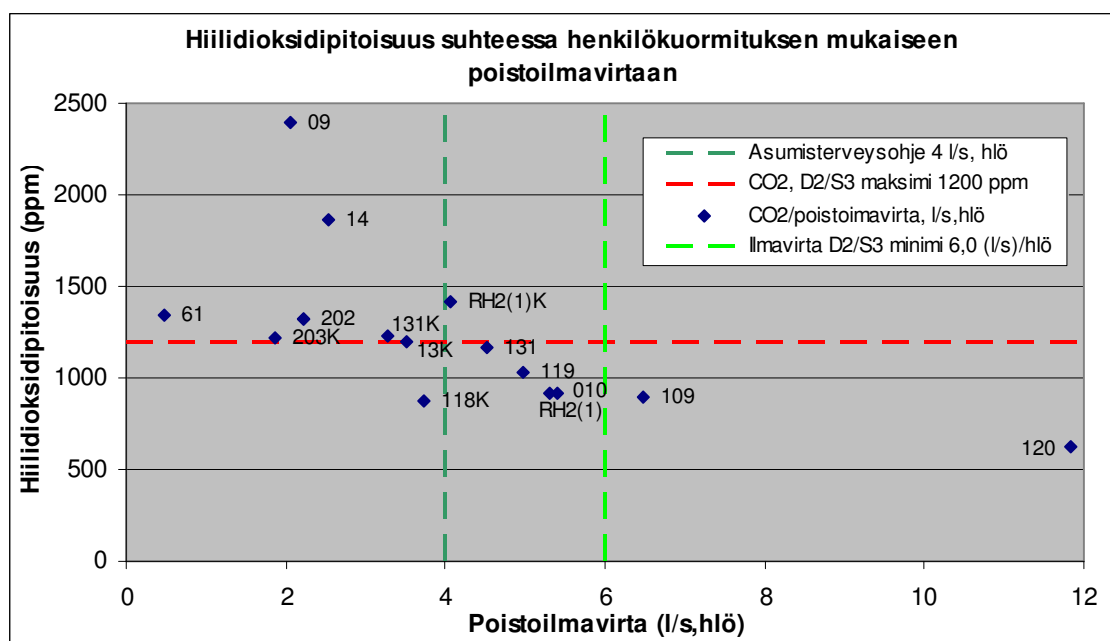


Kuva 25. Hiilidioksidipitoisuuksien enimmäisarvot suhteessa pinta-alaperusteiseen poistoilmavirtaan, ohjeistusten mukainen hiilidioksidipitoisuuden yläraja sekä ilmavirtojen pinta-alaperusteisen mitoituksen alaraja (10 lepohuonetta ja 5 leikkihuonetta).

Hiilidioksidipitoisuuden suhde henkilökuorman mukaiseen poistoilmavirtaan

Hiilidioksidipitoisuuksia on verrattu maksimihenkilömäärän mukaiseen poistoilmavirtaan kuvassa 26. Kuvaan on leikkihuoneiden huonenumeroon lisätty ”K” leikkihuoneiden mittaustulosten erottamiseksi. Muut ovat lepohuoneiden lepohetken aikaisia mittaustuloksia. Kuva osoittaa, että poistoilmavirtojen ollessa nykyisten ohjeistuksien vähimmäistasolla, ilmanlaadun vähimmäistaso hiilidioksidipitoisuuden osalta saavutettaisiin normaalikäyttötilainten mukaisilla maksimihenkilömäärilläkin.

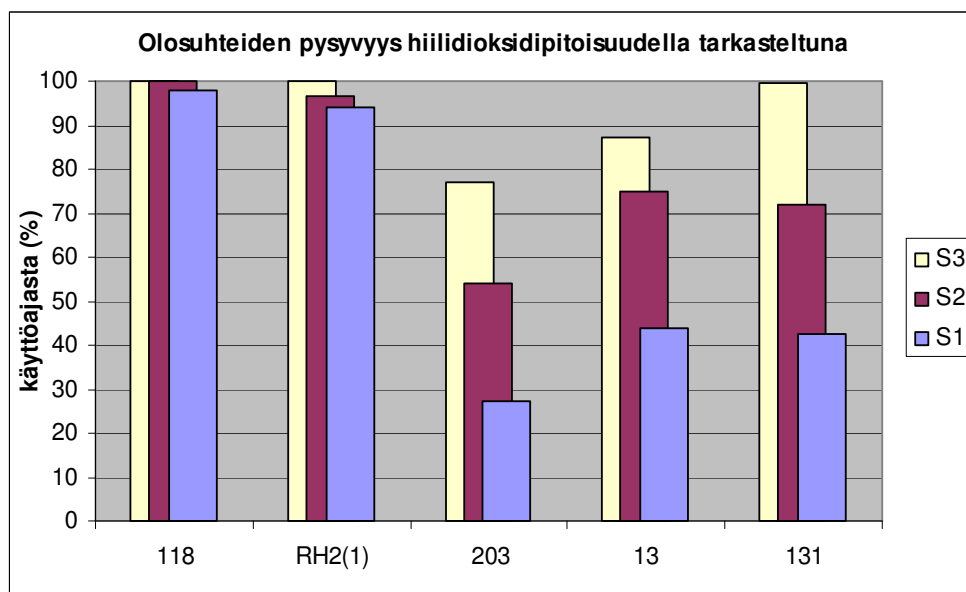
Asumisterveysohjeen [3, s. 26] mukainen 4 (l/s)/hlö näyttäisi yleensä riittävän ohjeistusten vähimmäistason saavuttamiseen käytännön tilanteissa, kun huomioidaan taulukossa 14 esitetty leikkihuoneen RH2(1) hiilidioksidipitoisuuden kohoamisen lyhytkestoisuus.



Kuva 26. Hiilidioksidipitoisuuksien enimmäisarvot suhteessa henkilökuormituksen mukaiseen poistoilmavirtaan, ohjeistusten mukainen hiilidioksidipitoisuuden yläraja sekä ilmavirtojen henkilöperusteisen mitoituksen alaraja ja Asumisterveysohjeen mukainen henkilökuorman mukainen ilmavirtojen alaraja (10 lepo huonetta ja 5 leikkihuonetta).

6.5 Olosuhteiden pysyvyys

Sisäilmastoluokituksen mukaista olosuhteiden pysyvyyttä on tarkasteltu hiilidioksidipitoisuuden yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla sisäilmastoluokittain leikkihuoneiden osalta kuvassa 27. Mittausjaksojen keston lyhyydestä johtuen lepo huoneista ei suoritettu pysyvyydestä tarkastelua.



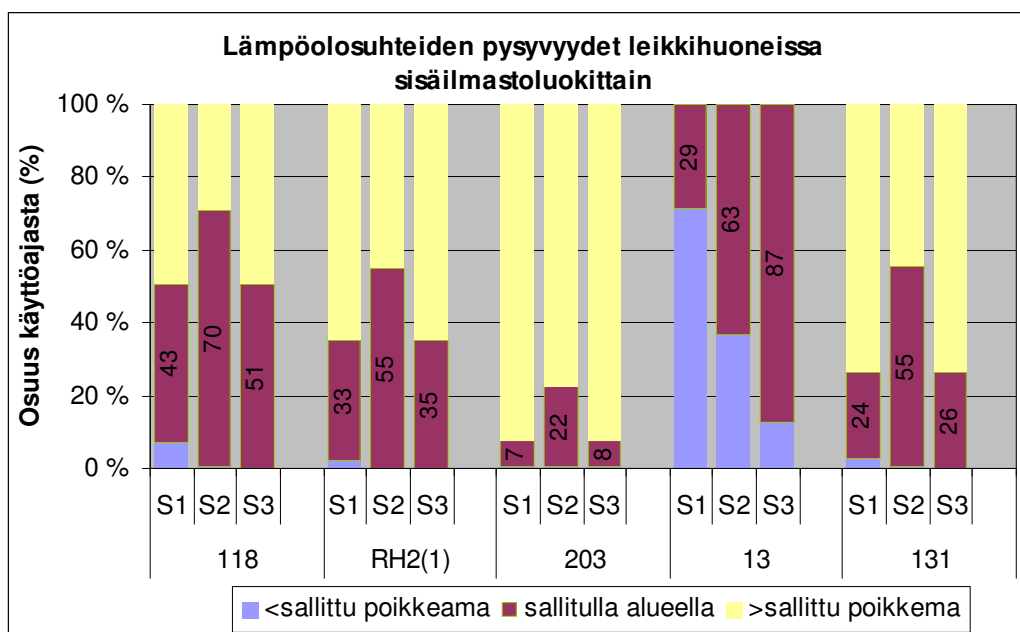
Kuva 27. Olosuhteiden pysyvyys hiilidioksidipitoisuudella tarkasteltuna (5 leikkihuonetta).

Vertailussa Sisäilmastoluokituksen 2008 [1, s. 6] mukaiseen ohjeeseen yksi leikkihuone sai olosuhteiden pysyvyyden tarkastelussa hiilidioksidipitoisuuden suhteen S1-luokituksen. Leikkihuoneista kaksi sai S2-luokituksen. S3-luokassa pitäisi pysyä koko käytön ajan. Kolme leikkihuonetta ei yltänyt S3-luokan pysyvyysvaatimustasolle. Tulokset on esitetty myös taulukossa 15.

Taulukko 15. Olosuhteiden pysyvyys hiilidioksidipitoisuudella tarkasteltuna.

Olosuhteiden pysyvyys hiilidioksidipitoisuudella tarkasteltuna (% käyttöajasta)					
Luokka\Tila	118	RH2(1)	203	13	131
S1	98	94	27	44	43
S2	100	97	54	75	72
S3	100	100	77	87	99

Leikkihuoneiden olosuhteiden pysyvyyttä lämpötilan suhteen sisäilmastoluokittain on tarkasteltu kuvassa 28. Mittausjaksojen keston lyhydestä johtuen lepohuoneista ei suoritettu pysyvyystarkastelua.



Kuva 28. Olosuhteiden pysyvyys lämpötilalla tarkasteltuna.

Lämpötilojen mukaisessa olosuhdeluokittelussa yksikään leikkihuone ei kuulu luokkiin S1 tai S2. S3-luokassa ei ole olosuhteiden pysyvyystarkasteluun määritetty aikarajaa tavoitelämpötilassa pysymiselle. Neljässä leikkihuoneessa lämpötilat olivat yleensä liian korkeat ja yhdessä liian alhaiset sallitun poikkeaman rajoissa pysymiseen. Tulokset on esitetty myös taulukossa 16.

Taulukko 16. Olosuhteiden pysyvyydet huoneilman lämpötilalla tarkasteltuna.

Olosuhteiden pysyvyys huoneilman lämpötilalla tarkasteltuna (% käyttäjästä)					
Luokka\Tila	118	RH2(1)	203	13	131
S1	43	33	7	29	24
S2	70	55	22	63	55
S3	51	35	8	87	26

6.6 Huoneilman kosteudet

Huoneilman kosteuspitoisuuksia tarkasteltaessa mittaustulosten kuvasta 18 havaitaan leikkihuoneiden kosteuden keskiarvojen olleen suositellulla alueella. Lepohuoneista yhden kosteus oli suosituksia alhaisempi. Päiväkotien ilmanvaihtojärjestelmissä ei ollut ilmentymistä, joten huoneilman kosteuspitoisuudet olivat vallitsevan ulkoilman mukaisia.

6.7 Tulostentarkastelun yhteenveto ja johtopäätökset

Tulostentarkastelun yhteenveto

Ilmavirtojen huonekohtaisesti sallitun poikkeaman ylitysten osuus mitatuista ilmavirroista on samaa suuruusluokkaa aiemmin eri päiväkodeissa tehdyn ”Päiväkotien sisäilmanlaatu ja ilmanvaihdon toimivuus” -tutkimuksen kanssa. Lepo- ja leikkihuoneiden osalta SRMK:n mukaisen huonekohtaisesti sallitun 20 %:n poikkeaman rajan ylitti lähes puolet ilmavirroista.

Koneellisella tulo- ja poistoilmajärjestelmällä toteutetuissa päiväkodeissa suunnitelmien mukaiset ilmavirrat olivat korkeammat vertailututkimuksessa olleisiin päiväkoteihin verrattuna. Nyt suunnitelmien mukaiset ilmavirrat olivat nykyisten SRMK:n osan D2 sekä Sisäilmastoluokitus 2008 S3-luokan ohjeistusten mukaisen pinta-alaperusteisen mitoituksen vähimmäistasolla.

Ilmavirtojen pinta-alaperusteisessa tarkastelussa poistoilmavirrat olivat samaa suuruusluokkaa ja tuloilmavirrat noin neljänneksen pienemmät kuin vertailututkimuksen kohteissa. Mitatut tulo- ja poistoilmavirrat eivät pääsääntöisesti täyttäneet ohjeistusten vähimmäistasoa $2,5 \text{ (l/s)/m}^2$.

Ilmavirtojen henkilöperusteisessa tarkastelussa olivat poistoilmavirrat keskimäärin hieman suuremmat ja tuloilmavirrat keskimäärin hieman pienemmät kuin vertailututkimuksen kohteissa. Suurin osa mitatuista ilmavirroista ei kuitenkaan täytä nykyisten ohjeistusten vähimmäistasoa $6,0 \text{ (l/s)/hlö}$.

Virheelliset tai puutteelliset huolto- tai asennustyöt, järjestelmän säätämättömyys tai säädön epäonnistuminen ovat yleensä syynä ilmavirtojen jäämiseen alle suunniteltujen arvojen.

Huoneilman lämpötilan määräysten ja Sisäilmastoluokituksen S3-tason enimmäisarvo 25 °C ylittyi yhdessä lepo- sekä leikkihuoneessa. Molemmat ylitykset olivat päiväko-

dissa 3, jossa on koneellinen poistoilmajärjestelmä sekä suuri auringon aiheuttama lämpökuorma. Operatiivisen lämpötilan mittauksissa ei yhdessäkään tilassa ylitetty ohjeistusten mukaista enimmäisrajaa 25 °C. Lämpötilat eivät alittaneet yhdessäkään huoneessa S3-luokan vähimmäislämpötilaa 18 °C. Keskimäärin lämpötilat ylittivät ohjeistusten tavoitetason enimmäismäärän 22 °C. Käyttäjien toiveiden mukaiset huoneissa ylläpidettävät lämpötilat eivät ole tiedossa.

Lattioiden pintalämpötilan S3-luokan vähimmäisrajaa 17 °C ei alittanut yksikään huone-tila. Asumisterveysohjeen mukaisella lämpötilaindeksillä tarkasteltuna yli puolet lepohuoneista jäi alle alarajan 87 %.

Lepo- ja leikkihuoneista keskimäärin puolet ylitti ohjeistusten mukaisen hiilidioksidipitoisuuden enimmäisrajan 1 200 ppm. Näistä kahdessa lepohuoneessa ylittyi asumisterveysoppaan mukainen terveydensuojelulain edellyttämä enimmäisraja 1 500 ppm. Mittausten mukaan suurimmat ylitykset tapahtuivat päiväkodin 4 lepohuoneissa, joista mitatut poistoilmavirrat olivat 2,1 (l/s)/m² ja 2,0 (l/s)/m² sekä 2,1 (l/s)/hlö ja 2,5 (l/s)/hlö. Päiväkodin poistoilmakoneen suodattimen paine-eromittarin perusteella suodatin oli tukkeutunut. Leikkihuoneiden 1 200 ppm:n rajanylitykset olivat pieniä lukuun ottamatta päiväkodin 2 leikkihuonetta RH2(1). Noin 15 minuuttia kestäneen korkeamman pitoisuuden aikana pitoisuus nousi arvoon 1 413 ppm. Syytä hetkelliseen kohoamiseen ei saatu selville. Keskimääräinen päiväkodin 2 hiilidioksidipitoisuus oli kuitenkin hyvällä tasolla. Leikkihuoneissa usein tapahtuva tuuletus voi kuitenkin olla merkki huonosta ilmanlaadusta.

Leikkihuoneiden olosuhteiden pysyvyyttä hiilidioksidipitoisuuden avulla tarkastellessa vain yksi päiväkotiki saavutti mittaustulosten perusteella Sisäilmastoluokituksen S1-luokan tason. S2- ja S3-luokan tason saavutti kaksi päiväkotia. Kolme päiväkotia ei saavuttanut S3-luokan tasoa, koska hiilidioksidipitoisuudet ylittivät ohjeistuksen mukaisessa pysyvyystarkastelussa enimmäisrajan 1 200 ppm.

Leikkihuoneiden olosuhteiden pysyvyyden tarkastelu huoneilman lämpötilalla osoittaa, ettei yksikään tarkasteltu leikkihuone täytä Sisäilmastoluokituksen S1- tai S2-luokan

vaatimuksia. Suurimmaksi osaksi tähän syynä olivat tavoitelämpötiloja korkeammat huoneilman lämpötilat. S3-luokan vaatimusten tulkinta on hankala, koska lämpötilan sallitun poikkeaman alueella pysymiselle ei ole asetettu aikarajaa ja S2-luokan tavoitelämpötilan enimmäisraja on korkeampi kuin S3-luokan. Leikkihuonetta 203 ei kuitenkaan voi tulkita S3-luokan vaatimukset täyttäväksi, koska huoneilman lämpötila ylitti ohjeistusten mukaisen enimmäisrajan 25 °C.

Huoneilman kosteusmittausten perusteella tuloilman kostutus ei ole tarpeellista. Mahdollista kosteutustarvetta ei kuitenkaan voi todeta varmaksi pelkästään kevätkauden mittausten perusteella.

Johtopäätökset

Huoneilman lämpötilat olivat keskimäärin hieman ohjeistusten tavoitearvoja korkeammat, mutta käyttäjien toiveiden mukaiset tavoitearvot eivät ole tiedossa. Niihin ei voida esittää muutos- tai parannusehdotuksia pelkästään kevät aikaisten mittausten perusteella.

Nykyohjeistusten mukaisten maksimihiilidioksidipitoisuustasojen alittamiseksi vaikuttaisi uudisrakentamisessa riittävän nykyohjeistusten henkilöperusteisen mitoituksen noudattaminen ja tarpeenmukainen ilmanvaihto. Henkilökuormitustietojen puuttuessa olisi päiväkotien ilmanvaihdon pinta-alaperusteisessa suunnittelussa varauduttava hiukan ohjeistuksia suurempaan ilmavirtaan, koska ryhmätoiminta tapahtuu pääsääntöisesti niin sanotuissa ryhmähuoneissa ja lepohetkien ajaksi koko hoitoryhmä sijoitetaan usein samaan lepohuoneeseen.

Nykyiset ilmavirrat olisi saatava säädettyä vähintään määräysten mukaiselle pinta-alaperusteiselle tasolle. Lisäksi hoitohenkilökunnan olisi oltava tietoisia tilojen maksimihenkilömäärien suuruudesta suhteessa mitoitettuihin ilmavirtoihin. Tämä mahdollistaisi ryhmien hallitun tasaamisen eri tiloihin lepohetkien ajaksi ja parantaisi näin lepohetkien aikaista ilmanlaatua lepohuoneissa.

Huoltotyöt tulisi suorittaa riittävän usein. Ilmavirtoihin mahdollisesti vaikuttavien peruskorjauksien ja muutos- sekä huoltotöiden toteutuksessa ja suorituksessa ilmavirrat olisi aina huolellisesti säädettävä. Ilmanvaihdon asiakirjat olisi myös hyvä saattaa ajan tasalle.

7 Yhteenveto

Päiväkotien leikkihuoneissa hiilidioksidipitoisuudet nousivat yli ohjeistusten enimmäisarvojen. Kyse oli kuitenkin pienistä maksimipitoisuuksien ylityksistä, jotka eivät olleet kovin pitkäkestoisia. Niistä ei vielä pitäisi olla terveydellistä haittaa. Mittaustuloksista ei voi kuitenkaan varmasti sanoa, kuinka korkeat hiilidioksidipitoisuudet olisivat olleet ja kuinka kauan taso olisi ollut korkealla ilman usein tapahtuvaa tuuletusta. Olisikin tarpeellista saada suoritettua seurantamittauksia myös ajalta, jolloin ei varmasti ole tuuletettu ja kuormitustaso olisi tarkkaan tiedossa. Siten saataisiin tarkempaa ja varmempaa tietoa nykyisen ilmanvaihdon riittävydestä.

Tässä työssä ei selvitetty ilmanvaihdon äänitasoja eikä ilmavirtojen liikkeitä. Myöskään kaikkien tilojen ilmavirtoja ei mitattu, joten todellisia painesuhteita päiväkotirakennuksista ei voitu selvittää. Niistä olisi vielä tarpeellista tehdä jatkotutkimuksia.

Päiväkotien sisäilman laatu on tärkeä asia lasten nykyisen sekä tulevan terveydentilan ja hyvinvoinnin kannalta. Työn tuloksia hyödynnetäänkin vielä päiväkotien sisäilmatutkimushankkeessa, jonka on tarkoitus jatkaa Espoon osalta vielä ainakin talvimittauksin, joten työssä esitetyt tulokset päätyvät ainakin näiden jatkotutkimusten suorittajien hyödyksi.

Tämän työn liitteissä on myös paljon mittaustuloksia, joita ei tässä työssä ole analysoitu. Insinööriyöntekijän puolesta ne ovat kaikkiin päiväkotien ilmanvaihtoon ja sisäilmaolosuhteisiin liittyviin tutkimuksiin vapaasti käytettävissä.

Lähteet

- 1 Sisäilmayhdistys ry. Sisäilmastoluokitus 2008. Rakennustietosäätiö, 2008.
- 2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2, 2010, Ympäristöministeriö.
- 3 Asumisterveysohje. (WWW-dokumentti.) Sosiaali- ja terveysministeriö. <www.valvira.fi/files/asumisterveysohje_STM_2003.pdf> . 2003. 20.3.2010.
- 4 Seppänen, Olli. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki: Kirjapaino Kiitorata Oy, 1996.
- 5 Hokkanen, Ari. Laboratorioinsinööri, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Keskustelu. 15.3.2010.
- 6 SFS-5511. Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 1989.
- 7 Esite. (WWW-dokumentti.) RC-Linja Oy. <www.rcl.fi/doc/esite/SAT-SET.net.pdf>. 1.10.2008. Luettu 27.4.2010.
- 8 KH 20-00260. LVI-laitosten mittaukset. Ohjetiedosto. Rakennustieto Oy, 1999.
- 9 Jalas, Johanna., Karjalainen, Kalle. & Kimari, Pirjo. Päiväkotien sisäilman laatu ja ilmanvaihdon toimivuus. Helsinki: Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy, 2000.
- 10 Asumisterveysopas. Sosiaali- terveysministeriön asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. Pori: Ympäristö ja Terveys-lehti, 2008.

Liite 1: Lattioiden pintalämpötilojen mittauspöytäkirjat

LATTIOIDEN PINTALÄMPÖTILOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA													
Rakennus/Laitos:													
Mittalaitteet:		Raytek Raynger ST			Mittaaja:								
		Virhearviot:			±1°C								
Rakennus/Laitos:													
Päiväkoti 1													
Ulkolämpötila:		+4,9 °C			Mittaaja:			Sanna Leppänen					
pvm	klo	huonetila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ka.	min
30.3.2010	11:30	119	19,8	19,8	20,3	20	19,8	20,8	20,25	20,3	20,55	20,18	19,8
	11:40	120	21,25	21,6	21,35	20,9	21,6	21,1	21,6	22,1	21,6	21,46	20,9
	15:30	137	18,15	18	18,9	18,3	18	19,8	19,2	19,9	19,85	18,90	18
	16:00	154	19,8	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,85	19,6	19,75	19,83	19,6
Rakennus/Laitos:													
Päiväkoti 2													
Ulkolämpötila:		+3,4 °C			Mittaaja:			Sanna Leppänen					
pvm	klo	huonetila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ka.	min
31.3.2010	10:50	RH2(1)	25,4	25,6	25,8	25,4	24,0	26,2	25,6	25,8	24,9	25,4	24,0
	11:00	RH2(2)	21,6	21,8	22,0	21,0	22,2	22,4	21,5	22,0	22,1	21,8	21,0
	11:10	RH2(3)	25,3	25,6	23,8	25,2	20,6	22,8	24,5	23,8	22,2	23,8	20,6
Rakennus/Laitos:													
Päiväkoti 3													
Ulkolämpötila:		+6,6 °C			Mittaaja:			Sanna Leppänen					
pvm	klo	huonetila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ka.	min
12.4.2010	10:50	202	24,5	26,6	24,9	23,6	23,2	22,8	24,3	24,9	24,1	24,3	22,8
	11:00	201	22,0	22,6	22,1	21,8	21,8	21,6	22,0	22,1	22,0	22,0	21,6

Liite 1: Lattioiden pintalämpötilojen mittauspöytäkirjat

Rakennus/Laitos: Päiväkoti 4													
Ulkolämpötila:		13.4.2010 +9,9 °C ja 14.4.2010 +11,2 °C											
pvm	klo	huoneilla	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ka.	min
13.4.2010	10:00	09	20	20,6	20,8	21,2	21,2	21,2	20,6	21,2	21,2	20,9	20
	10:15	14	19,6	19,4	19	19	19,6	19,2	19,4	19,4	19,2	19,3	19
	10:40	24	19,8	19,6	19,6	19,4	19,8	19,6	19,4	19,4	19,2	19,5	19,2
	11:15	67	19,4	19,4	18,6	18,6	18,2	18,4	19,6	17,6	17,6	18,6	17,6
14.4.2010	11:45	65	19,6	21,4	21,2	21,2	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,3	19,6
	12:25	61	20,2	20,6	20,2	20,2	20,6	18,8	19,4	19,8	19,2	19,9	18,8

Rakennus/Laitos: Päiväkoti 5													
Ulkolämpötila:		20.4.2010 +9,5 °C ja 27.4.2010 +11,4 °C											
pvm	klo	huoneilla	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ka.	min
20.4.2010	11:05	109	20,6	21,4	19,8	19,2	20,4	19,6	19,8	20,6	19	20,0	19
	11:20	110	19,6	19,4	18,8	20,6	20,8	18,8	20	19,8	19,2	19,7	18,8
27.4.2010	11:25	131	19,4	20,4	20,2	20,4	20,8	21	21,2	21	20,6	20,6	19,4
	11:30	137	24,8	21,8	21,8	20,6	22,2	21	21,2	21,2	20,8	21,7	20,6
	11:35	010	18	19,4	18,2	19,2	19	18,2	18,4	18,2	18,2	18,5	18

Liite 2: Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat

[illegible]

Liite 2: Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat

[illegible]

Liite 2: Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat

ILMAMÄÄRÄMITTAUSPÖYTÄKIRJA								1/2		
Rakennus/Laitos: Päiväkoti 3						Pvm: 12.4.2010				
						Mittaaja: Joni Vuori				
Mittalaitteet: TSI Velocicalc Plus 8386										
Virhearviot: virtausnopeus (l/s±10%)										
Tila	Päätelaite	Asetus	Mitattu arvo	Tulo	Suunn.	Asetus	Mitattu arvo	Poisto	Suunn.	Poikkeama
			m/s	l/s	l/s		m/s	l/s	l/s	%
Poistopuhallin φ 1/2										
201	RPT-15					+18	1,5	17		
	RPT-15					+20	1,0	26	83	-48
	SPALTEX		1,0	6						
	SPALTEX		1,5	9						
	SPALTEX		1,4	9						
202	RPT-15					+11	2,4	18		
	RPT-15					+10	2,7	18	83	-58
	SPALTEX		0,8	5						
	SPALTEX		0,8	5						
	SPALTEX		0,5	3						
203	RPT-15					+19	1,3	17		
	RPT-15					+8	1,9	10		
	RPT-15					+22	1,8	26	108	-52
	SPALTEX		1,0	6						
	SPALTEX		0,7	4						
	SPALTEX		0,8	5						
	SPALTEX		1,1	6						
213	RPT-10					+25	2,4	28	17	69
	SPALTEX		0,5	3						
222	RPT-15					+10	1,0	7		
	SPALTEX		0,2	1						
Poistopuhallin φ 1/1										
201	RPT-15					+18	3,4	41		
	RPT-15					+20	3,2	43	83	0
	SPALTEX		2,2	13						
	SPALTEX		3,0	18						
	SPALTEX		2,7	16						
202	RPT-15					+11	4,8	35		
	RPT-15					+10	5,1	34	83	-18
	SPALTEX		1,5	9						
	SPALTEX		1,7	10						
	SPALTEX		1,1	7						
203	RPT-15					+19	3,8	47		
	RPT-15					+8	4,1	22		

Liite 2: Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat

[illegible]

Liite 2: Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat

ILMAMÄÄRÄMITTAUSPÖYTÄKIRJA								1/2		
Rakennus/Laitos: Päiväkoti 4						Pvm: 13/14/15.4.2010				
						Mittaaja: Joni Vuori				
Mittalaitteet:		TSI Velocicalc Plus 8386								
		Virhearviot: virtausnopeus (l/s±10%), paine-ero (l/s±5%)								
Tila	Päätelaite	Asetus	Mitattu arvo	Tulo	Suunn.	Asetus	Mitattu arvo	Poisto	Suunn.	Poikkeama
			Pa, m/s	l/s	l/s		Pa	l/s	l/s	%
03	TS-HVC		2,5	35	20					77
	KS-125					10	21	20	20	1
08	TS-HVC		3,4	159	80					99
	KS-200					16	21	52	80	-35
09	TS-HVC		1,9	58	60					-4
	KS-200					9	27	50	60	-17
12	TS-HVC		1,3	18	20					-8
	KS-125					1	38	19	20	-5
13	TS-HVC		3,6	161	80					101
	KS-200					15	45	74	80	-8
14	TS-HVC		1,3	41	60					-32
	KS-200					-3	46	48	60	-19
22	TS-HVC		1,5	22	20					11
	KS-125					0	25	15	20	-26
24	TS-HVC		3,0	43	35					23
	KS-160					-4	95	26	30	-15
var	KK-80					-2	50	8	5	65
25	TS-HVC		2,6	58	50					16
	KS-200					-11	114	60	50	19
26	TS-HVC		0,1	3	60					-95
	KS-200					-11	104	57	60	-5
27	TS-HVC		2,2	85						
	TS-HVC		1,9	71	150					4
29	TS-HVC		4,4	251	95					164
	KS-200					-1	15	29		
	KS-200					0	21	36	90	-28
30	TS-HVC		4,1	58	20					192
	KS-125					11	15	18	20	-12
54	TS-HVC		1,9	59	60					-2
	KS-200					15	16	44	35	26
55	TS-HVC		2,7	81	60					34
	KS-200					11	25	50	60	-17
56	TS-HVC		2,4	74	60					23
	KS-200					0	35	46	60	-23
57	TS-HVC		2,2	68	60					14

[illegible]

Liite 2: Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat

ILMAMÄÄRÄMITTAUSPÖYTÄKIRJA								1/2		
Rakennus/Laitos: Päiväkoti 5						Pvm:		20.4.2010		
						Mittaaja:		Joni Vuori		
Mittalaitteet: TSI Velocicalc Plus 8386										
Virhearviot: paine-ero (l/s±5%)										
Tila	Päätelaite	Asetus	Mitattu arvo	Tulo	Suunn.	Asetus	Mitattu arvo	Poisto	Suunn.	Poikkeama
			Pa	l/s	l/s		Pa	l/s	l/s	%
009	URH-160					-5	117	22		
	URH-160					+2	111	33		
	URH-160					-3	111	24	90	-12
	OKE-200	608	31	62						
	OKE-200	608	21	51	100					13
010	URH-160					+1	80	26		
	URH-160					+6	80	33	70	-15
	OKE-160	390	10	23						
	OKE-160	390	17	29	60					-18
011	URH-100					-9	72	10	10	4
105	URH-160					0	85	25	30	-15
106	URH-125					+8	82	28	20	38
	KTS-125	+11	18	16						
107	OKE-200	494	26	46	50					-8
108	URH-160					0	79	24	30	-19
	OKE-125	216	25	20	30					-34
109	URH-160					+3	85	30		
	URH-160					+2	84	28	75	-22
	OKE-200	418	42	50	65					-24
110	SET-160					4	92	57	45	26
	OKE-200	494	32	51	45					14
	SET-160						109	70	55	27
	OKE-200	570	36	63	55					14
122	SET-160						61	52		
	SET-160						53	49	100	1
	OKE-200	608	7	32						
	OKE-200	608	9	34	100					-34
125	SET-160					0	58	51	40	28
	OKE-200	494	32	51	40					28
131	SET-160					9	60	38		
	SET-160					9	49	34	100	-28
	OKE-200	608	6	30						
	OKE-200	608	6	30	100					-39
133	URH-160					+2	65	25	25	0
	OKE-125	216	9	12	20					-39

[illegible]

Liite 3: Operatiivisen lämpötilan mittauspöytäkirjat

OPERATIIVISEN LÄMPÖTILAN MITTAUSPÖYTÄKIRJA									
					Pvm: _____				
					Mittajat: <u>Sanna Leppänen, Joni Vuori</u>				
Mittalaitteet: <u>TCAK 1100</u>									
Virhearviot: <u>±1 °C</u>									
Rakennus /Laitos: <u>Päiväkoti 1</u> Pvm: <u>30.3.2010</u> Ulkolämpötila: <u>+1,9 °C</u>					Rakennus /Laitos: <u>Päiväkoti 2</u> Pvm: <u>31.3.2010</u> Ulkolämpötila: <u>+2,2 °C</u>				
klo	Tila	Korkeus	Lämpötila	Huom!	klo	Tila	Korkeus	Lämpötila	Huom!
11:40	118	0,6	21,81	ikkuna auki	11:00	RH1(1)	0,6	21,02	
11:50	118	1,1	21,96	ikkuna auki	11:15	RH2(1)	0,6	19,4	
13:05	102	1,1	21,02	ikkuna auki	11:25	RH2(2)	0,6	20,72	
13:15	102	0,6	21,01	ikkuna auki	11:40	RH1(3)	0,6	22,57	
13:25	103	0,6	21,50		11:50	RH1(2)	0,6	22,47	
13:35	103	1,1	22,06		12:00	RH2(3)	0,6	20,97	
13:50	138	1,1	46,56		12:40	RH1(2)	1,1	23,47	
14:00	138	0,6	46,39		12:55	RH1(3)	1,1	23,18	
14:10	153	0,6	21,87		13:05	RH1(1)	1,1	21,63	
14:20	153	1,1	21,97		13:20	RH2(1)	1,1	22,18	
14:35	120	1,1	22,56		14:05	RH2(2)	1,1	21,5	
14:45	120	0,6	22,47		14:15	RH2(3)	1,1	21,67	
14:55	119	1,1	22,96						
15:05	119	0,6	22,55						
15:20	137	1,1	22,22						
15:30	137	0,6	22,14						
15:40	154	0,6	22,11						
15:55	154	1,1	22,68						

Liite 3: Operatiivisen lämpötilan mittauspöytäkirjat

Rakennus /Laitos: Päiväkoti 3 Pvm: 12.4.2010 Ulkolämpötila: +4,9°C					Rakennus /Laitos: Päiväkoti 4 Pvm: 13.4.2010 14.4.2010 Ulkolämpötila: +4,9°C				
klo	Tila	Korkeus	Lämpötila	Huom!	klo	Tila	Korkeus	Lämpötila	Huom!
10:50	203	1,1	23,62		9:50	09	0,6	20,13	
11:00	201	1,1	23,57		10:00	08	0,6	20,73	
11:10	222	1,1	23,64		10:10	22	0,6	20,97	
11:20	202	1,1	23,65		10:20	13	0,6	19,93	
11:30	213	1,1	23,35		10:30	14	0,6	19,78	
11:50	202	0,6	23,9		10:40	24	0,6	19,96	
12:00	203	0,6	24,38		10:50	26	0,6	20,33	
12:10	201	0,6	22,85	ikkuna auki	11:00	25	0,6	20,4	
12:25	213	0,6	23		11:10	29	0,6	21,19	
12:40	222	0,6	23,19		11:25	67	0,6	20,38	
					11:35	27	0,6	20,08	
					11:45	55	0,6	20,57	
					11:55	56	0,6	20,5	
					12:15	03	0,6	21,26	
					12:20	03	1,1	21,69	
Rakennus/Laitos: Päiväkoti 5 Pvm: 20.4.2010 Ulkolämpötila: +4,9°C					12:30	08	1,1	21,62	
					12:45	13	1,1	20,54	
					12:55	25	1,1	20,7	
					13:05	26	1,1	21,06	
12:00	107	0,6	20,95		13:10	30	1,1	20,93	
12:40	135	0,6	22,4		13:20	30	0,6	20,86	
13:15	009	0,6	21,54		13:35	29	1,1	21,5	
13:30	133/134	0,6	23,36		13:45	27	1,1	19,84	
13:40	122	0,6	22,87		13:55	67	1,1	19,68	
13:50	137	0,6	22,63		14:05	24	1,1	20,61	
14:00	131	0,6	22,96		14:15	57	1,1	20,68	
14:10	010	0,6	22,06		14:25	57	0,6	20,59	
14:30	109	0,6	22,09		14:35	56	1,1	21,15	
14:40	109	1,1	22,51		14:45	55	1,1	21,29	
14:50	110	1,1	22,07		14:55	54	1,1	21,4	
15:00	110	0,6	21,81		15:05	54	0,6	21,35	
15:20	107	1,1	21,55		15:15	14	1,1	20,8	
15:30	131	1,1	22,54		15:25	09	1,1	21,31	
15:45	122	1,1	22,45		15:35	22	1,1	21,67	
15:55	133/134	1,1	22,64		11:45	65	0,6	22,31	14.4.
16:05	135	1,1	22,04		12:00	65	1,1	22,51	14.4.
16:15	137	1,1	21,85		12:10	63	1,1	22,29	14.4.
16:30	010	1,1	21,75		12:30	63	0,6	22,13	14.4.
16:40	009	1,1	21,62		12:50	61	1,1	21,57	14.4.
					13:15	61	0,6	21,37	14.4.

Liite 4: Seurantamittausten tulokset

Lepo- ja leikkihuoneiden seurantamittausten tulokset									
Tila	Hiilidioksidipitoisuus (ppm)			Huoneilman lämpötila (°C)			Huoneilman kosteus (%)		
	Maks	Min	Ka.	Maks	Min	Ka.	Maks	Min	Ka.
Lepohuoneet									
119	1034	684	964	23,5	22,1	22,9	30	28	29
120	620	591	605	22,5	22,1	22,2	27	27	27
RH2(1)	918	661	849	22,5	20,9	21,7	32	30	31
202	1328	701	1074	25,8	25,0	25,4	30	23	28
09	2392	1048	1886	24,2	22,2	23,6	37	29	34
14	1868	1231	1693	22,6	21,7	22,2	35	33	34
61	1341	1035	1259	22,3	21,9	22,1	34	30	32
010	919	642	783	22,4	21,7	22,2	26	24	25
109	891	539	757	22,9	22,3	22,7	19	15	17
131	1163	701	1004	23,2	22,6	23,0	26	25	25
Leikkihuoneet									
118	874	400	560	23,6	20,4	22,0	35	23	29
RH2(1)	1413	419	607	24,1	20,8	22,4	38	15	25
203	1214	419	800	26,4	19,8	23,2	36	11	25
13	1199	469	770	22,0	18,2	20,6	38	27	31
131	1225	448	807	23,2	20,4	22,3	32	16	25

